



UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. Ir. Henny Pagoray, M.Si.

KUALITAS AIR DAN KEANEKARAGAMAN
PLANKTON DI PERAIRAN MAHAKAM TENGAH
UNTUK Mendukung AKUAKULTUR

24 September 2026
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. Ir. Henny Pagoray, M.Si.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR..... ii

DAFTAR ISI iii

KATA PENGANTAR 1

DAFTAR TABEL 1

DAFTAR GAMBAR 1

SINOPSIS 1

A. Pendahuluan 2

B. Kualitas Air 4

C. Kelimpahan Plankton 6

E. Kesimpulan 14

DAFTAR PUSTAKA..... 16

UCAPAN TERIMA KASIH 25

CURRICULUM VITAE..... 27



KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kasih atas berkat dan karunianya, sehingga saya dapat menyelesaikan naskah orasi ilmiah ini sebagai bentuk pertanggungjawaban sebagai Guru Besar. Penghargaan, serta terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Rektor Universitas Mulawarman beserta jajarannya, ketua, sekertaris dan anggota Senat, atas perkenannya dalam penyampaian orasi ilmiah pada Sidang Senat Terbuka Universitas Mulawarman.

Sebagai Guru Besar di bidang Lingkungan Perairan, saya memiliki kewajiban untuk mengembangkan bidang keilmuan demi kesejahteraan manusia, memikul tanggung jawab kepemimpinan di bidang keilmuan Lingkungan Perairan, yang mampu memupuk dan mengembangkan keunggulan dalam pelaksanaan Tridharma Pendidikan Tinggi.

Saya ucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada suami tercinta Prof. Dr. Ir. Taufan Purwokusumaning Daru, MP, serta anak-anak terkasih Fransiskus Antoni Yudhistira Yogapratama, S.Hum., dan drg. Anastasia Stefani Anggadewi Dwiputri, SKG. yang selalu mendoakan, mendorong, dan memberi semangat hingga tercapainya gelar Guru Besar ini.

Semoga orasi ilmiah yang berjudul **“Kualitas Air dan Keanekaragaman Plankton di Perairan Mahakam Tengah Untuk Mendukung Akuakultur”** ini dapat memberikan wawasan dan inspirasi yang bermanfaat bagi para pembaca.

Samarinda, 24 September 2026
Prof. Dr. Ir. Henny Pagoray, M.Si.

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1 Kualitas air pada enam titik pengambilan sampel di perairan Mahakam Tengah, Kutai Kartanegara	12
2 Jenis fitoplankton yang terdapat di titik sampling	23
3 Jenis zooplankton yang terdapat di titik sampling	24
4 Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi jenis fitoplankton dan zooplankton di titik-titik sampling	27



DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1 Warna air dan konsentrasi COD di enam titik sampling	15
2 Jumlah spesies plankton di setiap titik sampling	20
3 Banyaknya kelompok fitoplankton dan zooplankton pada titik sampling	21
4 Dinamika jumlah fitoplankton dan zooplankton (a) serta Bacillariophyceae dan Rotifera (b) pada setiap titik sampling	25
5 Keterkaitan DO di titik-titik pengamatan terhadap populasi plankton	25



SINOPSIS

Perairan Mahakam Tengah merupakan salah satu kawasan penting di Kalimantan Timur yang memiliki potensi besar untuk pengembangan akuakultur air tawar. Kualitas air dan keanekaragaman plankton menjadi dua faktor utama yang menentukan produktivitas dan keberlanjutan kegiatan budidaya perikanan di wilayah ini. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis kondisi fisik-kimia perairan serta komposisi dan kelimpahan plankton sebagai indikator ekologis dalam menilai kelayakan lingkungan untuk kegiatan akuakultur.

Hasil kajian menunjukkan bahwa parameter kualitas air seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan kadar nutrisi (nitrat dan fosfat) berada dalam kisaran yang masih mendukung kehidupan biota akuatik. Keanekaragaman plankton, baik fitoplankton maupun zooplankton, tergolong sedang hingga tinggi, yang menandakan ekosistem perairan yang relatif seimbang dan produktif. Pada kelompok fitoplankton yang terbanyak berasal dari kelas Bacillariophyceae (49%), sedangkan pada zooplankton yang terbanyak berasal dari kelompok Rotifera (63%). Dengan demikian, sebagai pakan alami keberadaan plankton sangat menentukan dalam akuakultur di perairan Mahakam Tengah.

Artikel ini menegaskan bahwa pengelolaan kualitas air dan pemantauan keanekaragaman plankton secara berkala perlu dilakukan sebagai dasar pengembangan akuakultur berkelanjutan di kawasan Mahakam Tengah. Temuan ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi pengambil kebijakan dan pelaku usaha perikanan dalam merancang strategi pengelolaan sumber daya perairan yang ramah lingkungan dan produktif.

A. Pendahuluan

Perairan air tawar di Provinsi Kalimantan Timur memiliki peran yang penting dalam pembangunan ekonomi berbasis sumberdaya ikan. Dari beberapa sungai yang ada di Kalimantan Timur, Sungai Mahakam merupakan sungai terbesar dan berasosiasi dengan daerah banjir (floodplains), seperti Danau Semayang, Danau Melintang, Danau Siran dan danau-danau lainnya (Suyatna et al., 2017a). Wilayah perairan tersebut sudah sejak lama dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk kegiatan budidaya perikanan melalui sistem keramba (Wahyudewantoro 2014) maupun perikanan tangkap (Suyatna et al. 2021), sehingga perairan Sungai Mahakam menjadi tulang punggung perekonomian masyarakat (Dwijatenaya 2017).

Sungai Mahakam sudah lama mengalami tekanan dari berbagai aktivitas yang berada di sekitar daerah aliran sungai, termasuk perairan daerah banjir (danau dan rawa) yang memiliki sumberdaya ikan potensial, terutama di Hulu Mahakam. Beberapa aktivitas yang memungkinkan untuk mencemari lingkungan perairan sungai diantaranya adalah perkebunan kelapa sawit, transportasi batubara, industri, penggunaan pupuk dan pestisida secara intensif di lahan pertanian sekitar aliran sungai, intrusi air asin, dan erosi tanah, serta aktivitas manusia lainnya (Matta 2010; Odulate et al. 2017; Suyatna et al. 2021; Djuwita et al. 2021). Dampak yang diberikan akibat aktivitas ini adalah tercemarnya perairan yang disebabkan oleh logam berat (Suyatna et al. 2017b) maupun oleh bakteri (Agustina et al. 2014). Kondisi ini merupakan bentuk resiko pembangunan ekonomi daerah, baik yang disebabkan secara langsung dari pola budidaya ikan karamba oleh masyarakat maupun tidak langsung yang disebabkan oleh perusahaan-perusahaan yang berada di sekitar

aliran sungai Mahakam yang memberikan dampak terhadap kualitas air.

Kualitas air berpengaruh terhadap budidaya ikan di sekitar sungai Mahakam, karena keberadaan pakan alami berupa plankton dipengaruhi oleh kualitas air. Hasil penelitian Suyatna et al. (2017c) menunjukkan bahwa pada kondisi lingkungan perairan yang buruk tercatat hanya enam spesies fitoplankton dan lima spesies zooplankton yang teridentifikasi dibandingkan perairan yang relatif bebas polusi. Plankton sangat tergantung kepada kualitas air (FAO 2006). Dix (1981) menyatakan bahwa bahan organik yang banyak mengandung unsur hara (*nutrient*) akan menimbulkan kenaikan populasi plankton, sedangkan limbah yang banyak mengandung logam berat, minyak dan detergen yang tinggi akan menyebabkan penurunan populasi plankton. Oleh karena itu, apabila lingkungan perairan tercemar maka seluruh kehidupan akuatik juga akan terganggu.

Fitoplankton merupakan tumbuhan air yang menjadi sumber pakan utama bagi zooplankton serta berbagai jenis ikan dan udang. Selain itu, fitoplankton juga sebagai penghasil oksigen terlarut yang penting bagi perairan (Inyang & Wang 2020). Keberadaan plankton di perairan dapat diukur berdasarkan kelimpahannya yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan fisik, kimia, dan biologi, terutama seperti kandungan oksigen terlarut, suhu, visibilitas, ketersediaan nutrisi, nitrogen, dan fosfor (Goldman & Horne 1983; Veronica et al. 2014). Oleh sebab itu, plankton seringkali digunakan sebagai indikator biologik dalam kualitas perairan, karena mereka memiliki siklus hidup yang pendek dan sangat respon terhadap perubahan lingkungan perairan (Febriansyah et al. 2023). Gambaran tentang kualitas perairan juga dapat diketahui melalui kelimpahan dan keragaman plankton (Gulecal & Temel 2014).

Kelimpahan dan keragaman plankton sangat dipengaruhi oleh kualitas fisikokimia dan biologi

perairan. Untuk mendukung sumberdaya ikan di perairan, perlu juga diketahui jenis-jenis plankton yang berbahaya dan beracun. Pada perairan yang sangat tercemar dimungkinkan berkembangnya beberapa jenis fitoplankton seperti dari kelas cyanophyceae (ganggang hijau-biru) dan beberapa genera lainnya, seperti *Anabaenopsis*, *Microcystis*, *Anabaena*, *Coelosphaerium*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Hapalosiphon*, and *Lyngbya* yang tidak dimakan oleh ikan karena sangat beracun (Aida et al. 2021). Perairan yang tercemar oleh bahan organik memiliki hubungan yang positif terhadap kelimpahan fitoplankton. Semakin tinggi kandungan fosfat di perairan akan memberikan kelimpahan fitoplankton yang semakin tinggi (Darmawan et al. 2018). Berkenaan dengan hal tersebut, maka kajian-kajian yang mengarah kepada kualitas air diantaranya adalah warna, ammonia, nitrat, nitrit, pH, DO (dissolved oxygen), BOD (biochemical oxygen demand), konduktivitas, suhu, dan kekeruhan (Singh et al. 2017; Verma et al. 2022) serta beberapa logam berat seperti Hg, As, Se, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Pb, dan Cd (Suyatna et al. 2017b) serta identifikasi jenis-jenis plankton, kelimpahan plankton, dan keanekaragamannya (Effendi et al. 2016) perlu mendapatkan perhatian khusus.

B. Kualitas Air

Kualitas air merupakan parameter yang sangat penting dalam suatu perairan, karena menggambarkan ukuran relatif suatu keadaan air yang diperlukan bagi pengembangan budidaya ikan maupun untuk kepentingan manusia. Kondisi ini dipengaruhi oleh aktivitas yang ada di sekitarnya selain kondisi cuaca. Parameter kualitas air umumnya terdiri dari parameter fisik, kimia dan biologi. Parameter-parameter ini mempengaruhi kehidupan organisme perairan (Supriyanto & Koestoer 2022; Omer 2024). Hasil pengukuran kualitas air pada titik sampling di

perairan Mahakam Tengah (Pagoray et al. 2024) disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, baik kandungan fisika, kimia, maupun biologi menunjukkan bahwa hampir semua parameter di seluruh lokasi pengambilan sampel berada di bawah baku mutu menurut Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011, kecuali pH, warna air dan COD.

TSS dan TDS merupakan parameter fisik yang biasa digunakan dalam mengukur kualitas air, yaitu sejumlah partikel padat yang terdiri dari alga, bahan-bahan organik, dan bahan-bahan anorganik (Khan et al. 2018). Dalam sampel yang sama, TDS dan TSS dipisahkan secara filtrasi, bagian yang tidak lolos melalui kertas saring disebut TSS dan yang lolos pada kertas saring disebut TDS (Adjovu et al. 2023). Total solid dapat mempengaruhi kejernihan air. Semakin tinggi padatan, maka penetrasi cahaya ke dalam air semakin rendah sehingga dapat mempengaruhi proses fotosintesa pada tumbuhan air. Selain itu dapat mempercepat pemanasan air dan menahan lebih banyak panas yang dapat berpengaruh terhadap kehidupan organisme akuatik (APHA 2017).

Dalam penelitian ini, konsentrasi TSS dan TDS di seluruh titik pengambilan sampel berada di bawah baku mutu yang ditetapkan, sehingga tidak mempengaruhi budidaya ikan di wilayah tersebut.

Tabel 1. Kualitas air pada enam titik pengambilan sampel di perairan Mahakam Tengah, Kutai Kartanegara.

No	Parameter	unit	Standar baku*)	Sampling point					
				1	2	3	4	5	6
Fisika									
1.	Temperatur	°C	Deviasi 3°C	30.0	28.0	30.0	28.0	27.0	33.0
2.	TDS	mg/L	1000	40	33	38	48	13	22
3.	TSS	mg/L	50	32	12	20	24	8	11
4.	Warna	mg/L (PtCo)	180	164.442	102.341	172.542	142.842	234.643	245.444
Kimia									
5.	pH	-	6-9	6.68	6.45	7.29	7.09	4.29	6.0
6.	PO ₄ -P	mg/L	0.2	0.036	0.039	0.036	0.039	0.033	0.026
7.	NO ₂ -N	mg/L	0.06	0.008	0.018	0.009	0.014	0.015	0.010
8.	NO ₃ -N	mg/L	10	0.085	0.053	0.097	0.121	0.117	0.149
9.	NH ₃ -N	mg/L	(-)	0.059	0.065	0.042	0.022	0.039	0.053
10.	BOD	mg/L	3	1.75	1.15	2.02	1.67	1.21	1.55
11.	COD	mg/L	25	27.830	23.562	26.496	21.961	43.300	63.039
12.	DO	mg/L	4	5.88	4.72	4.07	5.88	5.41	5.11
13.	Se	mg/L	0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
14.	Cd	mg/L	0.01	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
15.	Cu	mg/L	0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
16.	Fe	mg/L	(-)	0.611	0.748	0.690	0.872	0.455	0.397
17.	Pb	mg/L	0.03	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
18.	Mn	mg/L	(-)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
19.	Hg	mg/L	0.002	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
20.	Zn	mg/L	0.05	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
21.	Phenol	mg/L	0.001	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	0.004
MIKROBIOLOGI									
22.	Coliform	MPN/100 mL	1000	54	43	36	39	70	90

Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang; *) = menurut Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011

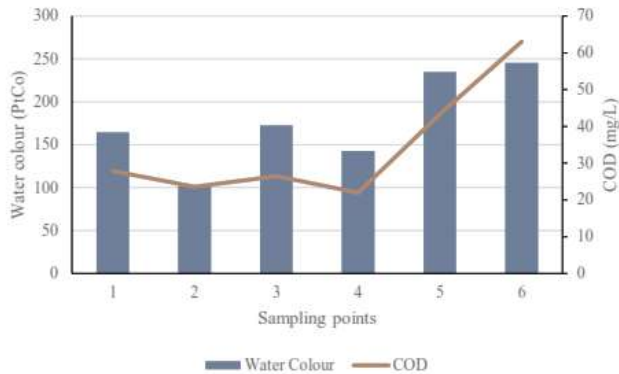
Keasaman atau pH adalah ukuran dari konsentrasi ion hidrogen yang menunjukkan suasana air tersebut apakah bereaksi asam atau basa. Skala pH mempunyai deret 0 – 14, dan bila pH 7 berarti netral dan air tidak bersifat asam atau basa. Bila nilai pH dibawah 7 berarti air tersebut asam dan apabila lebih dari 7 air tersebut basa (Swain et al. 2020). Toksisitas dari suatu senyawa kimia juga dipengaruhi oleh pH. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH. Bagi spesies air tawar, pH yang dikehendaki sekitar 6,5 – 9,0 (Philminaq 2020). Pada pH di bawah 6,0 atau di atas 9,0 bagi sebagian besar ikan air tawar akan mengalami penurunan bobot badan. Untuk ikan barramundi (*Lates calcarifer*) pH optimalnya adalah 7,24, apabila lebih rendah dari 6,24 performansnya akan menurun (Fitriana et al. 2023).

Pada penelitian ini terdapat dua lokasi sampling yang memiliki pH di bawah 6,5, yaitu di Muara Enggelam (pH 4,29) dan Danau Melintang (pH 6,0). Keasaman di perairan umumnya disebabkan oleh tingginya karbondioksida akibat fotosintesis, respirasi, dan dekomposisi bahan-bahan organik. Keberadaan fitoplankton juga berperan terhadap naik atau turunnya pH. Karbondioksida di perairan akan bereaksi dengan air menjadi asam karbonat, dimana asam karbonat akan melepaskan hydrogen yang berperan terhadap menurunnya pH (Philminaq 2020; Saalidong et al. 2022).

Warna air dan COD memiliki pola yang sama. Meningkatnya warna air diikuti oleh meningkatnya COD (Gambar 2). Warna perairan dapat disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik, adanya plankton, humus dan ion-ion logam seperti besi (Fe) dan mangan (Mn), serta bahan lainnya yang dapat menimbulkan warna pada perairan. Warna perairan dapat dikelompokkan menjadi warna sesungguhnya (*true colour*), yang disebabkan oleh bahan-bahan terlarut, dan warna tampak (*apparent colour*), warna yang tidak hanya disebabkan oleh bahan-bahan

terlarut tetapi juga oleh bahan yang tersuspensi (Effendi, 2000; Awalliyah 2019). Konsentrasi COD seringkali digunakan sebagai ukuran untuk menilai kualitas air yang disebabkan oleh polusi akibat adanya bahan organik di perairan (Cai et al. 2023), terutama COD dengan fraksi $> 0,7 \mu\text{m}$ (Zongqing et al. 2022). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi COD dari enam titik pengambilan sampel bervariasi mulai 21,961 – 63,09 mg/L. Di beberapa titik sampling, yaitu Sungai Pela (Desa Sangkuliman), Danau Semayang Tengah, Muara Enggelam, dan Danau Melintang memiliki konsentrasi COD yang melampaui baku mutu air (25 mg/L).

BOD adalah kebutuhan oksigen biologi yang menjadi gambaran terhadap kebutuhan mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Semakin rendah konsentrasi BOD di perairan mengindikasikan semakin baiknya kualitas perairan tersebut (Mocuba 2010). Bahan organik merupakan hasil pembusukan tumbuhan dan hewan atau hasil buangan dari limbah domestik dan industri (Effendi, 2000). Makin besar BOD dalam perairan, maka persediaan oksigen terlarut yang ada didalamnya makin kurang. Hasil pengukuran BOD pada titik sampling berada pada kisaran 1,15-2,02 mg/L, dimana konsentrasi BOD tertinggi berada di perairan Danau Semayang (2,02 mg/L). Wilayah-wilayah yang memiliki aktivitas masyarakat yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya cenderung memiliki konsentrasi BOD yang lebih tinggi. Aktivitas masyarakat disekitar sungai Pela (desa Sangkuliman), Danau Semayang Tengah, Muara Enggelam, dan Danau Melintang, merupakan titik-titik pengambilan sampel yang masyarakatnya aktif berkegiatan. Beberapa faktor yang turut berpengaruh yaitu tata guna lahan, berbagai limbah domestik, industri dan aktivitas pertanian (Mulawarman University 2021).



Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang

Gambar 1. Warna air dan konsentrasi COD di enam titik sampling.

Konsentrasi DO di perairan memberikan pengertian jumlah oksigen yang terlarut dalam air, sehingga dapat mendukung kehidupan organisme akuatik yang membutuhkan oksigen (Singh & Kumar 2014). Ikan, bakteri, fitoplankton, dan zooplankton membutuhkan oksigen untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Oleh karena itu, oksigen merupakan komponen yang vital dalam akuakultur. Apabila konsentrasi DO air tawar di bawah 5–6 mg/L, maka organisme akuatik akan mengalami hipoksia, yaitu suatu kondisi kekurangan oksigen, yang dapat mengakibatkan stress, nafsu makan menurun, pertumbuhan lambat, rentan terhadap penyakit, dan berakhir dengan kematian (Ali et al. 2022). Konsentrasi DO dapat berubah seiring waktu, dan memungkinkan terbentuknya area yang stabil dimana konsentrasi DO berada di bawah rata-rata yang mengakibatkan kematian pada organisme akuatik (Ito et al. 2017; Richardson & Bendtsen 2017) termasuk plankton (Chowdhury et al. 2023). Konsentrasi DO pada penelitian ini berkisar antara 4,07 – 5,88 mg/L. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur

No. 2 Tahun 2011, konsentrasi minimal untuk DO adalah 4 mg/L, sehingga di wilayah titik pengambilan sampel masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Seluruh kandungan logam berat yang dianalisis, yaitu Se, Cd, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, dan Zn, berada di bawah baku mutu. Kondisi ini penting untuk mengetahui keamanan perairan di wilayah pengamatan agar dapat dimanfaatkan sebagai budidaya ikan maupun perikanan tangkap. Logam berat merupakan elemen penting yang diperlukan oleh hewan dan tumbuhan, namun bila jumlahnya berlebihan maka dapat bersifat toksik. Sumber utama logam berat berasal dari alam (batuan induk), aktivitas pertanian (pupuk, pestisida, dan kompos), industri (pertambangan, logam, tekstil, cat dsb), dan limbah domestik (Gahvane et al. 2021). Logam berat yang terlarut dalam air akan terikat dengan bahan organik bebas dan berdampak terhadap biota air (Shara et al. 2021). Pada perairan yang tercemar oleh logam berat, seperti Cd, Cr, Ni, Pb, Mn, dan Zn akan memberikan biokonsentrasi pada plankton yang sangat signifikan, dimana biokonsentrasi logam berat $Cd > Zn > Cr > Pb > Mn$ (Burada et al. 2014). Di dalam rantai makanan di lingkungan akuakultur, plankton memiliki peran yang besar. Mereka merupakan makanan utama dalam rantai makanan bagi ikan, sehingga apabila terjadi konsentrasi logam berat yang tinggi pada plankton, maka dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia yang memanfaatkan sumberdaya perairan tersebut (Ernawati 2014; Riani et al. 2014).

Nitrogen di perairan berupa nitrogen anorganik dan organik. Nitrogen organik terdiri dari ammonia (NH_3-N), ammonium (NH_4-N), nitrit (NO_2-N), nitrat (NO_3-N). Jika air terkontaminasi oleh limbah, terutama yang berasal dari sumber antropogenik seperti limbah rumah tangga, pupuk kandang, pupuk nitrogen, dan limbah industri, maka sebagian besar nitrogen berada dalam bentuk organik, yang selanjutnya diubah oleh mikroba untuk membentuk nitrit dan nitrat (Effendi

2000; Hu et al. 2021; Omer et al. 2023). Nitrit biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit di perairan alami. Hasil pengukuran nitrit pada lokasi sampling berada pada kisaran 0,008 – 0,015 mg/L (standar baku 0,06 mg/L), nitrat 0,085 – 0,149 mg/L (standar baku 10 mg/L), dan ammonia 0,02 – 0,065 mg/L. Nilai ini termasuk dalam kategori di bawah standar baku mutu, sehingga masih aman dan tidak bersifat toksik bagi organisme perairan.

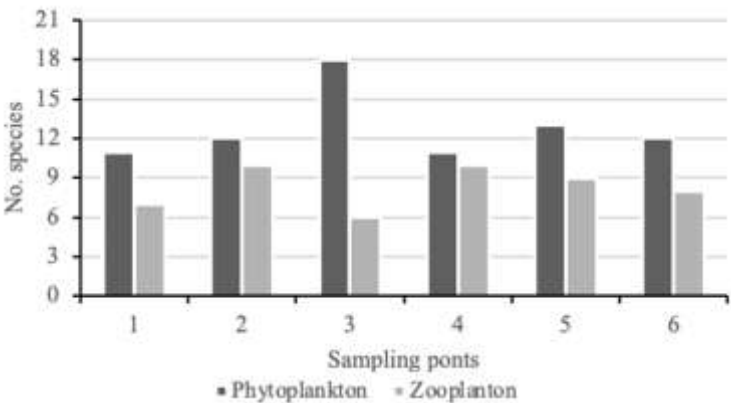
Kandungan fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) di perairan mengindikasikan tingkat pencemaran air di lingkungan tersebut. Tingginya konsentrasi fosfat dapat menyebabkan eutrofikasi dan kematian organisme perairan (Velusamy et al. 2021). Kandungan fosfat di seluruh titik pengambilan sample berada di bawah baku yang ditetapkan, yaitu 0,2 mg/L sehingga tidak mempengaruhi budidaya perikanan di wilayah tersebut.

Fenol dan senyawa-senyawa polifenolik lainnya adalah senyawa organik yang sering ditemui di wilayah perairan. Senyawa fenolik di perairan berasal dari limbah pembuatan kertas, pertanian, farmasi, industri petrokimia, pengolahan batubara atau sebagai sampah kota. Senyawa ini cenderung persisten di lingkungan perairan untuk jangka waktu yang lama serta memiliki efek toksik, sehingga menjadi perhatian dalam pemanfaatan perairan (Sun et al. 2014; Mainali 2020). Hasil pengukuran fenol pada lokasi sampling yaitu berkisara <0,003 – 0,04 mg/L. Hasil ini melebihi nilai baku mutu sebagaimana yang disyaratkan oleh Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011 Kelas II sebesar 0,001 mg/L. Fenol bersifat toksik terhadap ikan dan plankton. Saha et al. (1999) melakukan percobaan pemberian fenol pada konsentrasi 1,26 mg/L pada ikan tilapia (*Oreochromis mossambicus*) hasilnya terjadi penurunan panjang ikan, berat badan, dan hasil per m^2 . Begitu juga terhadap jumlah fitoplankton, namun zooplankton mulai menurun pada konsentrasi fenol 2,39 mg/L.

Jumlah bakteri fecal colliform perairan merupakan acuan terhadap pencemaran lingkungan perairan, yang menunjukkan adanya bakteri patogen, sehingga seringkali digunakan sebagai indikator kualitas air (Anisafitri et al. 2020; Puspitasari & Hadi 2022). Dalam penelitian ini jumlah bakteri fecal colliform di semua titik sampling berkisar 36 – 90 MPN/100 mL, sehingga berada dibawah baku mutu yang ditetapkan, yaitu 1000 MPN/100 mL. Apabila jumlah bakteri yang ditemukan pada perairan berada di bawah baku mutu, maka kualitas perairan tersebut masih baik.

C. Kelimpahan Plankton

Plankton yang teridentifikasi pada titik sampling yaitu 52 spesies yang tersebar di enam titik sampling. Dari 52 spesies plankton tersebut terbagi atas 29 spesies fitoplankton dan 23 spesies zooplankton. Jenis plankton pada setiap titik sampling berbeda (Tabel 2 dan Tabel 3). Pada Gambar 2 terlihat bahwa spesies fitoplankton terbanyak terdapat di Danau Semayang Tengah dan zooplankton terbanyak berada di Pela Lama dan Sungai Mahakam.



Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang

Gambar 2. Jumlah spesies plankton di setiap titik sampling.

Berdasarkan jumlah spesies, golongan fitoplankton cenderung memiliki jumlah spesies yang lebih banyak dibandingkan dengan zooplankton. Hal ini menunjukkan bahwa keragaman speises fitoplankton lebih tinggi daripada keragaman zooplankton. Karakteristik keragaman plankton tersebut mencerminkan adanya ratoi makan yang terjadi dan tersedianya siklus nutrien dalam menopang siklus rantai makanan didalam perairan. Fitoplankton sebagai produsen lebih banyak daripada zooplankton sebagai konsumen yang mengindikasikan ekosistem perairan relatif stabil (Oktavia et al. 2015).

Jenis fitoplankton yang teridentifikasi berasal dari kelompok Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Closteriaceae, Zygnematophyceae dan Chlorophyceae, sedangkan zooplankton yang teridentifikasi terdiri dari kelompok Rotifera, Protozoa, Amoebozoa, Arthropoda, dan Euglenozoa. Besarnya masing-masing kelompok dari fitoplankton dan zooplankton disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Banyaknya kelompok fitoplankton dan zooplankton pada titik sampling.

Pada fitoplankton kelompok yang memiliki jumlah terbanyak adalah dari kelas Bacillariophyceae (49%),

sedangkan pada zooplankton yang terbanyak berasal dari kelompok Rotifera (63%). Kelompok diatom Bacillariophyceae merupakan fitoplankton yang peka terhadap perubahan lingkungan, sehingga total biomasa pada komunitas fitoplankton seringkali digunakan sebagai indikator dalam kualifikasi habitat perairan (Gökçe 2016; Sukma & Takarina 2022). Tingginya rotifera di titik-titik pengamatan mengindikasikan baiknya kualitas perairan sebagai sumber pakan alami bagi larva ikan karena berperan penting bagi pertumbuhan awal dan perkembangan ikan (Wulur 2017). Oleh karena itu, rotifera sering dikulturkan sebagai sumber pakan pada penetasan ikan, terutama dalam teknologi biofloc (Hosain et al. 2024). Pada penelitian Ramlee et al. (2022) di Sungai Papan, Danau Kenyir (Malaysia) memiliki pola yang sama dengan penelitian ini dimana fitoplankton terbanyak berasal dari filum Bacillariophyta (50.16%) dan zooplankton terbanyak dari filum Rotifera (60%). Hal serupa disampaikan juga oleh Geng et al. (2022), bahwa perairan umumnya didominasi oleh kelompok Bacillariophyta dan Rotifera.

Jumlah individu plankton dari masing-masing titik sampling berkisar 2.772–5.985 ind/L. Fitoplankton sebagai produsen primer berperan sebagai parameter tingkat kesuburan suatu perairan. Kelimpahan fitoplankton dalam suatu perairan memberikan dampak yang positif bagi produktivitas perairan, dimana komposisi dan kelimpahan tertentu dari fitoplankton pada suatu perairan sangat berperan sebagai makanan alami pada trofik di atasnya, juga berperan sebagai penyedia oksigen dalam perairan. Dalam hal ini, fitoplankton menjadi sumber makanan utama oleh jenis zooplankton yang ada. Pada Gambar 4a menunjukkan bahwa dinamika jumlah individu zooplankton mengikuti pergerakan populasi fitoplankton, sedangkan pada Gambar 4b menunjukkan populasi Rotifera yang mengikuti pergerakan Bacillariophyceae. Semakin banyak dan

beragam fitoplankton menyebabkan biota meningkat dengan tingkatan trofik yang lebih tinggi, sehingga produktifitas perairan juga akan meningkat. Fitoplankton sebagai produsen lebih banyak dari zooplankton sebagai konsumen yang mengindikasikan ekosistem perairan relatif stabil (Oktavia et al. 2015).

Lebih tingginya populasi plankton di perairan Sungai Mahakam bagian tengah dan Sungai Pela dapat diduga berkaitan dengan kandungan DO yang relatif lebih tinggi dibandingkan lokasi titik sampling yang lainnya (Gambar 5). Meskipun Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011, menetapkan bahwa konsentrasi minimal untuk DO di perairan adalah 4 mg/L, namun dengan menurunnya DO dari 5,88 mg/L hingga 4,07 mg/L (menurun 30,78%) memberikan pengaruh terhadap penurunan populasi plankton.

Tabel 2. Jenis fitoplankton yang terdapat di titik sampling.

No.	Jenis fitoplankton	Titik sampling					
		1	2	3	4	5	6
1. Bacillariophyceae							
	<i>Asterionella sp</i>	-	+	-	+	+	+
	<i>Climacosphenia moniligera</i>	+	+	+	-	-	+
	<i>Cyclotella comta</i>	-	-	+	-	-	-
	<i>Fragillaria sp</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Ghophonema sp</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Navicula sp</i>	+	+	-	-	-	-
	<i>Nitzschia sp</i>	+	-	+	-	-	-
	<i>Synedra ulna</i>	-	-	+	+	+	+
	<i>Synedra tabulate</i>	-	-	+	-	+	+
	<i>Tabellaria flocculos</i>	+	+	-	+	+	-
2. Cyanophyceae							
	<i>Gomphosphaeria aponina</i>	-	-	-	-	-	+
	<i>Microcystis sp</i>	-	-	-	-	+	+
	<i>Oscillatoria sp</i>	+	+	+	+	+	+
	<i>Spirulina sp</i>	-	+	-	-	-	-
3. Dinophyceae							
	<i>Amphidinium sp</i>	-	-	+	+	+	+
4. Closteriaceae							
	<i>Closterium acerosum</i>	-	+	-	-	-	-
	<i>Pachyladon umbrinus</i>	-	+	+	-	-	-
5. Zygnematophyceae							
	<i>Zygnema sp</i>	+	-	+	+	-	-
6. Cryptophyceae							

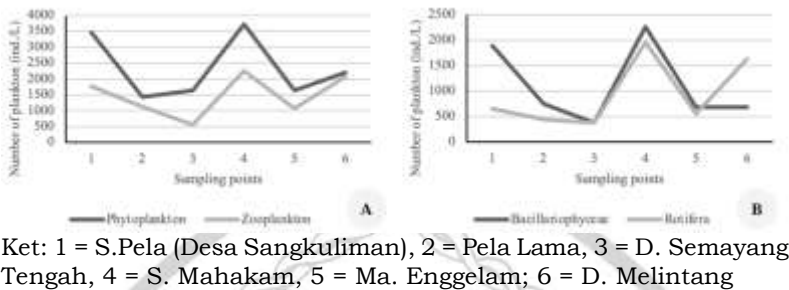
No.	Jenis fitoplankton	Titik sampling					
		1	2	3	4	5	6
	<i>Chilomonas sp</i>	-	+	+	-	-	-
7.	Chlorophyceae						
	<i>Chlamydomonas sp</i>	+	-	-	-	+	-
	<i>Desmidium sp</i>	-	-	+	+	+	-
	<i>Lagerheimia citrifomis</i>	+	-	-	+	+	+
	<i>Microspore sp</i>	-	-	+	+	+	-
	<i>Oedogonium sp</i>	+	+	+	-	-	+
	<i>Palmella sp</i>	-	-	-	-	-	+
	<i>Stigeoclonium sp</i>	+	+	+	-	-	-
	<i>Staurastrum sp</i>	-	-	+	-	-	-
	<i>Spirogira sp</i>	-	+	+	-	+	-
	<i>Ulothrix aequalis</i>	+	-	+	-	+	-

Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang ; + = ada; - = tidak ada

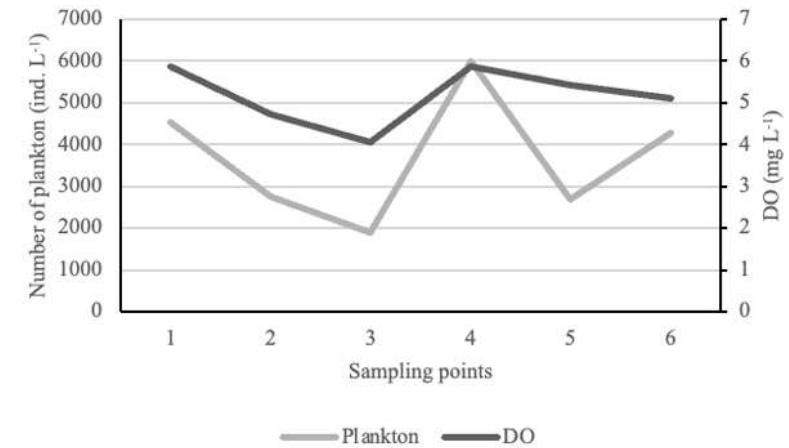
Tabel 3. Jenis zooplankton yang terdapat di titik sampling.

No.	Jenis zooplankton	Titik sampling					
		1	2	3	4	5	6
1.	Rotifera						
	<i>Anuraeopsis sp</i>	-	-	-	-	+	-
	<i>Colurella adriatica</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Euchlanis sp</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Lecane haliclysta</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Lepocinclis solina</i>	-	-	+	-	-	-
	<i>Monostylla sp</i>	-	-	-	-	+	-
	<i>Philodina sp</i>	+	+	+	+	+	+
	<i>Ploesoma sp</i>	-	-	-	-	+	-
	<i>Polyarthra sp</i>	+	+	-	+	+	-
	<i>Proales sp</i>	-	-	+	+	-	-
	<i>Trichocerca rottus</i>	-	-	+	+	+	+
	<i>Trichocerca longiseta</i>	-	-	-	+	-	+
	<i>Trypila sp</i>	+	+	-	-	-	+
2.	Protozoa						
	<i>Diffugia bacillifera</i>	+	-	-	-	-	-
	<i>Diffugia globulosa</i>	-	+	-	-	-	-
	<i>Paranema sp</i>	-	+	-	-	-	-
3.	Amoebozoa						
	<i>Arcella dentate</i>	+	+	+	+	0	+
	<i>Arcella vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+
4.	Arthropoda						
	<i>Alona affinis</i>	-	+	-	-	-	-
	<i>Alona costata</i>	+	-	-	-	+	-
	<i>Cyclopoid nauplius</i>	-	-	-	-	-	+
	<i>Diaptomus sp</i>	-	+	-	-	-	+

5. Euglenozoa							
<i>Trachelomonas armata</i> - + - - + -							
Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang							
; + = ada; - = tidak ada							



Gambar 4. Dinamika jumlah fitoplankton dan zooplankton (a) serta Bacillariophyceae dan Rotifera (b) pada setiap titik sampling.



Gambar 5. Keterkaitan DO di titik-titik pengamatan terhadap populasi plankton.

Oksigen di perairan berasal dari dua sumber, yaitu dari atmosfer dan dari tumbuhan air, termasuk

fitoplankton. Fitoplankton disamping kemampuannya menghasilkan oksigen, komunitas planktonic juga membutuhkan oksigen (Takarina et al. 2017). Apabila DO perairan menurun, maka populasi planktonic juga akan menurun (Weinstock et al. 2022) dan bila penurunannya hingga di bawah 2 mg/L maka akan mengalami hipoksia (Keister et al. 2020; Karpowicz et al. 2020). Selain populasi plankton yang menurun, distribusi kelimpahan ikan juga menurun akibat menurunnya DO (Suyatna et al. 2021).

D. Keanekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi

Hasil perhitungan indeks keanekaragaman (H'), indeks keseragaman (E), dan dominansi (D) plankton pada lokasi sampling disajikan pada Tabel 4. Indeks keanekaragaman fitoplankton bervariasi mulai dari $H' = 0,8011$ (Pela River) sampai $H' = 1,1891$ (Danau Semayang Tengah), sedangkan indeks keanekaragaman zooplankton bervariasi mulai dari $H' = 0,2631$ (Danau Melintang) sampai $H' = 0,9457$ (Pela Lama). Keanekaragaman yang rendah menggambarkan adanya tekanan di perairan baik secara fisika maupun kimia. Pada penelitian ini terlihat bahwa komunitas dalam posisi yang tidak stabil hingga moderat. Hasil penelitian Hossain et al. (2017) menunjukkan bahwa H' untuk plankton berkisar 0,5387 – 0,6874 dan zooplankton 0,4506 – 0,6931. Kondisi ini menunjukkan adanya distribusi permukaan air dalam keadaan intermiten dimana jenis zooplankton tertentu memperoleh keuntungan dari lingkungan yang berubah.

Keanekaragaman plankton sering digunakan sebagai indikator kualitas suatu perairan, karena plankton memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan lingkungan perairan. Keanekaragaman plankton dipengaruhi oleh berbagai faktor kimia dan fisika. Oksigen terlarut (DO) dan nutrisi berperan

penting terhadap keanekaragaman plankton yang secara tidak langsung mempengaruhi temperatur (Aravinth et al. 2023; Rombouts et al. 2019). Eutrofikasi yang disebabkan oleh berlimpahnya nutrisi dapat menyebabkan meningkatnya populasi fitoplankton secara berlebihan sehingga dapat mempengaruhi predasi zooplankton baik secara kuantitas maupun kualitas (Znachor et al. 2020). Oleh sebab itu, kondisi ini berperan penting dalam stabilitas keragaman plankton di perairan Mahakam Tengah.

Tabel 4. Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi jenis fitoplankton dan zooplankton di titik-titik sampling.

Jenis plankton	Titik sampling					
	1	2	3	4	5	6
Fitoplankton						
Indeks keanekaragaman (H')	0,80	0,99	1,18	0,93	1,02	0,96
Indeks keseragaman (E)	11	05	91	56	70	30
Indeks dominansi jenis (D)	0,33	0,39	0,41	0,39	0,40	0,38
	41	86	14	02	04	75
	0,23	0,12	0,07	0,13	0,11	0,14
	50	29	69	99	54	78
Zooplankton						
Indeks keanekaragaman (H')	0,69	0,94	0,75	0,82	0,86	0,26
Indeks keseragaman (E)	92	57	36	58	98	31
Indeks dominansi jenis (D)	0,35	0,41	0,42	0,35	0,39	0,12
	93	07	06	86	59	65
	0,27	0,12	0,18	0,21	0,16	0,36
	34	47	52	91	26	27

Ket: 1 = S.Pela (Desa Sangkuliman), 2 = Pela Lama, 3 = D. Semayang Tengah, 4 = S. Mahakam, 5 = Ma. Enggelam; 6 = D. Melintang

Indeks keseragaman (E) memiliki nilai 0 – 1. Apabila nilainya rendah mengindikasikan populasi plankton lebih beragam, tidak terdistribusi secara merata dan sebaliknya apabila nilainya tinggi mengindikasikan populasi plankton lebih seragam, terdistribusi secara merata. Hasil pengamatan di enam titik sampling menunjukkan bahwa nilai indeks

keseragaman (E) fitoplankton berkisar antara 0,3341 (S. Pela) dan 0,4114 (Danau Semayang Tengah). Berdasarkan nilai indeks keseragaman fitoplankton di perairan Mahakam Tengah mengindikasikan bahwa populasi fitoplankton lebih beragam. Hal yang sama juga terjadi pada zooplankton dimana indeks keseragaman terendah adalah 0,1265 (Danau Melintang) dan tertinggi 0,4206 (Danau Semayang Tengah). Pada kondisi yang demikian dapat terjadi akibat adanya polusi dan eutrofikasi, karena indeks keseragaman dapat juga digunakan sebagai tingkat polusi badan air (Islam et al. 2022). Nilai indeks keseragaman berada pada 0 – 0,3 mengindikasikan polusi berat, 0,3 – 0,5 masuk dalam wilayah mesosaprobik, dan bila $> 0,5$ mengindikasikan polusi ringan hingga tidak ada polusi (Ren et al. 2011).

Indeks dominansi (D) plankton mengindikasikan bahwa di wilayah perairan terdapat jenis plankton yang mendominasi. Jika nilai indeks dominansi mendekati satu, maka ada organisme tertentu yang mendominasi suatu perairan. Jika nilai indeks dominansi mendekati nol maka tidak ada organisme yang dominan. Berdasarkan Tabel 5, menunjukkan bahwa indeks dominansi fitoplankton berkisar antara 0,0769 (Danau Semayang Tengah) sampai 0,2350 (Sungai Pela-Desa Sangkuliman). Begitu juga indeks dominansi zooplankton berkisar 0,1247 (Pela Lama) sampai 0,3627 (Danau Melintang). Pada nilai indeks dominansi 0 – 0,5 mengindikasikan bahwa di dalam komunitas plankton berada pada dominansi yang rendah (Ludwig & Reynolds 1988). Hal ini sejalan dengan indeks keseragaman (E) yang rendah, yang menggambarkan tidak adanya suatu spesies yang dominan.

E. Kesimpulan

Ekosistem perairan Mahakam Tengah merupakan urat nadi bagi perkembangan ekonomi masyarakat sekitar.

Berbagai aktivitas manusia di sekitar perairan Mahakam Tengah, tertuju kepada sumberdaya ikan, transportasi, industri, serta berbagai pendukung usaha pertanian. Aktivitas ini memberikan pengaruh terhadap perkembangan budidaya perikanan, karena mempengaruhi kualitas perairan bagi organisme akuatik, khususnya plankton. Plankton merupakan komponen utama dan paling sensitif terhadap perubahan lingkungan perairan. Fitoplankton berperan sebagai produsen yang berfungsi sebagai makanan bagi zooplankton maupun hewan herbivora sekaligus sebagai indikator biologis dalam menilai kualitas lingkungan perairan. Keberadaan plankton dipengaruhi oleh berbagai faktor fisika dan kimia di perairan, sehingga keberadaannya sangat tergantung dari kualitas air dan juga dapat mempengaruhi kualitas perairan. Studi tentang penilaian kelimpahan, keanekaragaman, keragaman, dan dominansi plankton di ekosistem air tawar sangat penting dalam menentukan status kualitas air yang mendukung produktivitas ikan. Zooplankton mengkonsumsi fitoplankton yang selanjutnya mentransfer energinya ke organisme pada trofik yang lebih tinggi seperti ikan. Melimpahnya populasi zooplankton di wilayah perairan sangat bergantung pada kepadatan fitoplankton yang mengkoordinasikan rantai makanan antara ikan dan plankton. Berbagai aspek yang berkaitan dengan plankton perlu menjadi perhatian karena dapat memperkirakan potensi produktivitas ikan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjovu GE, Stephen H, James D, Ahmad S. 2023. Measurement of total dissolved solids and total suspended solids in water systems: a review of the issues, conventional, and remote sensing techniques. *Remote Sens.* 15: 3534. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15143534>
- Agustina, Pebrianto CA, Ma'ruf M, Susanto A, Jannah M. 2014. Bacterial infections of *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas* sp. in fish cultivated in keramba cages in Danau Melintang and the Mahakam River, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan. *Proceedings of the XI Annual Seminar on Fisheries and Marine Research Results*. Gadjah Mada University, Yogyakarta 30 Agustus 2014. [Indonesian].
- Aida SN, Ridho MR, Saleh E, Utomo AD. 2022. Distribution of phytoplankton based on the water quality of Bengawan Solo River, Central Java. *AACL Bioflux* 15 (2): 641-651.
- Ali B, Anuska, Mishra A. 2022. Effects of dissolved oxygen concentration on freshwater fish: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 10(4): 113-127. DOI: <https://doi.org/10.22271/fish.2022.v10.i4b.2693>
- Anisafitri J, Khairuddin, Rasmi DAC. 2020. Analysis of coliform bacteria as a water pollution indicator in Unus River Lombok. *J. Pijar MIPA* 15 (3): 266-272. DOI: 10.29303/jpm.v15i3.1622 [Indonesian].
- Aravinth A, Kannan R, Chinnadurai G, Manickam N, Raju P, Perumal P, Santhanam P. 2023. Temporal changes in plankton diversity in relation to hydrographical characteristics at Perumal Lake, Cuddalore District, Tamil Nadu, India. *The Journal of Basic and Applied Zoology* 84:13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41936-023-00337-7>
- Awaliyah T, Ghitarina, Suryana I. 2019. Pangempang Gulf Pollution Index of Muara Badak, Kutai Kartanegara District. *Jurnal Aquarine* 6 (1): 42-49.
- APHA. 2017. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* 23rd Edition. America Public

- Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2023. DOI: <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.002>
- Burada A, Topa CM, Georgescu LP, Teodorof L, Năstase C, Seceleanu-Odor D, Negrea BM, Iticescu C. 2014. Heavy metals accumulation in plankton and water of four aquatic complexes from Danube Delta area. *AACL Bioflux* 7 (4): 301-310.
- Cai X, Wang H, Jie Xu J, Zhu Y, Wu L, Cheng X. 2023. A hybrid remote sensing approach for estimating chemical oxygen demand concentration in optically complex waters: A case study in inland lake waters in eastern China. *Sci Total Environ* 856 (Pt 1):158869. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158869.
- Chowdhurya PR, Banerjeea M, Petrovsk S. 2023. A two-timescale model of plankton-oxygen dynamics predicts formation of Oxygen Minimum Zones and global anoxia. *Dynamical Systems (math.DS)*, [arXiv:2309.15447](https://arxiv.org/abs/2309.15447) [math.DS] DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.15447>
- Darmawan A., Sulardiono B., Haeruddin, 2018 The analysis of fertilizer supply based on phytoplankton, nitrate and phosphate in the river Bengawan Solo City of Surakarta. *Journal Of Maquares* 7(1):1-8. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v7i1.22519> [Indonesian]
- Dhargalkar VK, Ingole BS. 2004. *Phytoplankton Identification Manual*. National Institute of Oceanography, Goa.
- Dix HM. 1981. *Environmental Pollution Atmosphere, Land, Water and Noise*. John Willey & Sons, Chichester.
- Djuwita MR, Hartono DM, Mursidik SS, Soesilo TEB. 2021. Pollution load allocation on water pollution control in the Citarum River. *J. Eng. Technol. Sci.* 53 (1) : 182-196. DOI: 10.5614/j.eng.technol.sci.2021.53.1.12
- Dwijatenaya IBMA. 2017. The Carp Farming of Keramba System: Benefit Analysis, Production Factors, and Return to Scale. *Ziraa'ah* 42 (3): 215-223. DOI: [10.31602/zmip.v42i3.893](https://doi.org/10.31602/zmip.v42i3.893) [Indonesian]
- Effendi H. 2000. *Water Quality Studies for Management of Aquatic Resources and Environment*. Department of Aquatic Resources Management, Faculty of Fisheries

- and Marine Sciences. Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor. [Indonesian]
- Effendi H, Kawaroe M, Lestari DF, Mursalin, Permadia T. 2016. Distribution of phytoplankton diversity and abundance in Mahakam Delta, East Kalimantan. *Procedia Environmental Sciences* 33: 496 – 504. DOI: 10.1016/j.proenv.2016.03.102
- Ernawati Y. 2014 The analysis of the concentration of heavy metals cadmium, mercury and lead in the flesh of suckermouth catfish (*Pterygoplichthys pardalis*) in Ciliwung River, Indonesia. *AACL Bioflux* 7(1):33-42.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2006. Water Monitoring: Mapping Existing Global Systems and Initiatives Background Document. United Nation Water Report, Stockholm.
- Febriansyah SC, Hakim L, Saptoyo, Retnaningdyah C. 2023. Phytoplankton diversity as a bioindicator of water quality mangrove ecosystems in Clungup mangrove conservation, Kondang Merak and Sempu Island, Malang Regency. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology* 8 (1): 1-15. DOI: 10.22146/jtbb.73002
- Gavhane SK, Sapkale JB, Susware NK, Sapkale SJ. 2021. Impact of heavy metals in riverine and estuarine environment: a review. *Research Journal of Chemistry and Environment* 25 (5): 226-233.
- Geng Y, Li M, Yu Ra, Sun H, Zhang L, Sun L, Lv C, Xu J. 2022. Response of planktonic diversity and stability to environmental drivers in a shallow eutrophic lake. *Ecological Indicators* 144 :109560. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109560>
- Gökçe D. 2016. Algae as an Indicator of Water Quality. In : Thajuddin N, Dhanasekaran D. *Algae - Organisms for Imminent Biotechnology*. Intech Open Book Series. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/62916>
- Goldman CR, Horne AJ. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Gulecal Y, Temel M. 2014. Water quality and phytoplankton diversity in Büyükçekmece Watershed, Turkey. *Journal of Water Resource and Protection* 6: 55-61. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2014.61009>
- Holmberg TJ. 2024. Biodiversity. Libre Text Biology. <https://bio.libretexts.org/@go/page/118169>

- Hosain ME, Amin SMN, Kamarudin MS, Arshad A, Karim M, Naser MN, Fotedar R. 2024. Effects of Different Carbon Sources on the Growth and Production of Rotifer (*Brachionus plicatilis*) in a Zero-Water Exchange Biofloc Culture System. *Aquaculture Research* 2024 (3) : 1-10
- Hossain MRA, Pramanik MMH, Hasan MM. 2017. Diversity indices of plankton communities in the River Meghna of Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 5(3): 330-334.
- Hu Y, Zhang K, Li Y, Sun Y, Li H, Yang G. 2021. Human activities increase the nitrogen in surface water on the Eastern Loess Plateau. *Geofluids* 2021: 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/9957731>
- Islam MS, Azadi MA, Nasiruddin M, Sarker MM. 2022. Plankton species composition, abundance and diversity indices in three ponds of Chittagong University Campus, Bangladesh. *Journal of Biological Pharmaceutical And Chemical Research* 9(2): 1-14
- Ito T, Minobe S, Long MC, Deutsch C. 2017. Upper ocean O₂ trends: 1958–2015. *Geophys. Res. Lett.* 44: 4214–4223. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/2017GL073613>
- Karpowicz M, Ejsmont-Karabin J, Kozłowska J, Feniova, Działowski AR. 2020. Zooplankton community responses to oxygen stress. *Water* 12 (3): 706. DOI: doi:10.3390/w12030706
- Keister JE, Winans AK, Herrmann B. 2020. Zooplankton community response to seasonal hypoxia: a test of three hypotheses. *Diversity* 12 (1):1-16. DOI: <https://doi.org/10.3390/d12010021>
- Khan I, Khan A, Khan MS, Zafar S, Hameed A, Badshah S, Rehman SU, Ullah H, Yasmeen G. 2018. Impact of city effluents on water quality of Indus River: assessment of temporal and spatial variations in the Southern Region of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Environ. Monit. Assess.* 190: 267. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6621-7>
- Krebs CJ. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publisher. New York.
- Ludwig JA, Reynolds JF. 1988. *Statistical Ecology : A Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons. New York.

- Matta G. 2010. Fresh water : resources and pollution. *Environment conservation journal* 11 (3): 161 – 169. DOI: 10.36953/ECJ.2010.110330
- Jeremias Joaquim Mocuba. 2010. Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand in the waters close to the Quelimane sewage discharge. [Thesis]. School of Marine and Coastal Sciences, Eduardo Mondlane University – Quelimane.
- Mainali K. 2020. Phenolic compounds contaminants in water: a glance. *Current Trends Civil & Structuran Engineering* 4(4): 1-3. DOI: 10.33552/CTCSE.2020.04.000593.
- MRC (Mekong River Comission). 2015. Identification Handbook of Freshwater Zooplankton of the Mekong River and its Tributaries. Mekong River Commission Environment Programme. Phnom Penh.
- Mulawarman University. 2021. Profile of Three Lakes Semayang, Melintang, and Jempang Kutai Kartanegara District East Kalimantan Province. Strategic Service Unit Center For Development Studies And Space Arrangement. [Final Report]. Mulawarman University. Samarinda [Indonesian]
- Odulate DO, Omoniyi IT, Alegbeleye WO, George FA, Dimowo BO. 2017. Water Quality in Relation to Plankton Abundance and Diversity in River Ogun, Abeokuta, Southwestern Nigeria. *International Journal of Environmental Health Engineering* 6 (3): 1-8. DOI: 10.4103/ijehe.ijehe_31_13
- Oktavia N, Purnomo T, Lisdiana L. 2015. Plankton Diversity and the Water Quality of Kali Surabaya. *Jurnal Lentera Bio* 4 (1):103-107. [Indonesian]
- Omer NH. 2024. Water Quality Parameters. In: Summers K (Ed.). *Water Quality – Science, Assessments and Policy*. Intech Open Book Series. DOI: 10.5772/intechopen.89657
- Pagoray H, Ghitarina G. 2020. The use of aquatic plants as organic absorbent in coal mining void used for aquaculture. *AACL Bioflux* 13 (2): 857-864.
- Pagoray H, Ghitarina G. 2024. The growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in floating cages treated with aquatic plants in a post coal mining void. *AACL Bioflux* 17 (4): 1453-1459.

- Pagoray H, Suyatna I, Sukarti K, Kesuma AD, Butarbutar T, Raafi M, Suyatna MBB, Daru TP. 2025. Water quality and plankton diversity to support aquaculture in the middle Mahakam Watershed, East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas* 26 (1): 233-245. DOI: 10.13057/biodiv/d260124
- Parra JEG, Baldissierotto B. 2007. Effect of Water pH and Hardness on Survival and Growth of Freshwater Teleosts. In: Baldissierotto B (Ed.). *Fish osmoregulation*. CRC Press. Boca Raton, Florida. DOI:[10.1201/b10994-6](https://doi.org/10.1201/b10994-6)
- Peperzak L., Zetsche EM., Gollasch, S., Artigas LF., Bonato, S., Creach V., De Vré P., Dubelaar GB., Henneghien J., Hess-Erga OK., Langelaar R., Larsen A., Maurer, BN., Reavie ED., Rijkboer M., Tobiesen A. 2020. Comparing flow cytometry and microscopy in the quantification of vital aquatic organisms in ballast water. *J. Mar. Eng. Technol.* 19 (2) : 68-77. DOI: <https://doi.org/10.1080/20464177.2018.1525806>
- Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/32978/perda-prov-kalimantan-timur-no-2-tahun-2011>
- Puspitasari NNA, Hadi MP. 2022. Effects of land use on the number of coliform bacteria in Boyong River, Sleman. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1089: 012075. DOI:10.1088/1755-1315/1089/1/012075
- Ren L, Zhang Z, Zeng X, Ma Y, Zeng Y, Zhou C. 2011. Community structure of zooplankton and water quality assessment of Jialing River in Nan Chong. *Procedia Environmental Sciences* 10 : 1321 – 1326. DOI: 10.1016/j.proenv.2011.09.211
- Riani E, Sudarso Y, Cordova MR. 2014. Heavy metals effect on unviable larvae of *Dicortendipes simpsoni* (Diptera: Chironomidae), a case study from Saguling Dam, Indonesia. *AACL Bioflux* 7(2):76-84.
- Richardson K, Bendtsen J. 2017. Photosynthetic oxygen production in a warmer ocean: The Sargasso Sea as a case study. *Phil. Trans. R. Soc. A* 375: 20160329. DOI: <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2016.0329>

- Rombouts I, Simon N, Aubert A, Cariou T, Feunteun E, Guérin L, Hoebeke M, McQuatters-Gollop A, Rigaut-Jalabert F, Artigas L. 2019. Changes in marine phytoplankton diversity: Assessment under the Marine Strategy Framework Directive. *Ecol. Indic.* 102: 265–277. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.009>.
- Saalidong BM, Aram SA, Otu S, Lartey PO. 2022. Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in water system. *PLoS ONE* 17(1): 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262117>
- Saha NC, Bhunia F, Kaviraj A. 1999. Toxicity of Phenol to Fish and Aquatic Ecosystems. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 63 (2): 195-202. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s001289900966>
- Sano M, Makabe R, Kurosawa N, Moteki M, Odate T. 2020. Effects of lugol's iodine on long-term preservation of marine plankton samples for molecular and stable carbon and nitrogen isotope analyses. *Limnol. Oceanogr.: Methods* 18: 635–643. DOI: 10.1002/lom3.10390
- Shara S, Moersidik SS, Soesilo TEB. 2021. Potential health risks of heavy metals pollution in the Downstream of Citarum River. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 623. DOI:10.1088/1755-1315/623/1/012061
- Singh SK, Kumar L. 2014. Characterization of rural drinking water sources in Bhiwani District, Haryana: a case study. *International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations* 2 (4): 27-37.
- Singh S, James A, Bharose R. 2017. Biological assessment of water pollution using periphyton productivity: A Review. *Nature Environment and Pollution Technology* 16 (2): 559-567. <https://www.researchgate.net/publication/322695942>
- Sukma AM, Takarina ND. 2022. Relationship of diatom phytoplankton (Bacillariophyceae) diversity with water quality and heavy metal in Angke and Grogol Rivers, Jakarta City. *IOP Conf. Series: Earth and*

- Environmental Science 1083 (2022) 012071.
DOI:10.1088/1755-1315/1083/1/012071
- Sun R, Wang Y, Ni Y, Kokot S. 2014. Spectrophotometric analysis of phenols, which involves a hemin-graphene hybrid nanoparticles with peroxidase-like activity. Journal of Hazardous Material 266: 60-67. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2013.12.006.
- Supriyanto, Koestoer RH. 2022. Selected measurement parameters of water quality: comparative insight of India and Indonesia. Journal of Geography Science and Education 4 (1): 32-44. [DOI :10.32585/jgse.v2i2.xxx](https://doi.org/10.32585/jgse.v2i2.xxx)
- Suyatna I, Syahrir M, Mislan, Wijaya YI, Abdunnur. 2017a. A Survey on Marine Fish Species in River of Mahakam East Kalimantan, Indonesia. Omni-Akuatika, 13 (2):89-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.20884/1.oa.2017.13.2.332>
- Suyatna I, Sulistyawati, Adnan, Syahrir M, Ghitarina, Abdunnur, Saleh S. 2017b. Heavy metal levels in water and fish samples from coastal waters of Mahakam Delta, Kutai Kartanegara District, East Kalimantan, Indonesia. AACL Bioflux 10 (5): 1319-1329.
- Suyatna I, Mislan, Rahman A, Winata A, Wijaya YI. 2017c. A biophysical observation of Mahakam River around Tanjung Una of Kutai Kartanegara, Indonesia. Biodiversitas 18 (2): 623-632. [DOI: 10.13057/biodiv/d180225](https://doi.org/10.13057/biodiv/d180225)
- Suyatna I, Sukarti K, Pagoray H, Kesuma AD, Butarbutar T, Raafi M, Suyatna MBB. 2021. Fish fauna of peatland waters in the middle Mahakam, Kutai Kartanegara, East Kalimantan, Indonesia. E3S Web of Conferences 322, ISFFS 2021. DOI : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132201018>
- Swain S, Sawant PB, Chadha NK, Chhandaprajnadarsini EM, Katare M. 2020. Significance of water pH and hardness on fish biological processes: A review. International Journal of Chemical Studies 8(4): 830-837. DOI: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4e.9710>
- Takarina ND, Wardhana W, Soedjiarti T. 2017. Impact of oxygen depletion on planktonic community with emphasis temperature dynamics at aquaculture scale in Blanakan, West Java. AIP Conf. Proc. 1848, 020004-1-020004-6. DOI: 10.1063/1.4983932

- Thoha H, Fitriya N. 2010. The Diversity of Plankton in Sangihe – Sangir Talaud Islands, Sulawesi, Indonesia. *Biosfera* 27(3) : 112-119
- Velusamy K, Periyasamy S, Kumar PS, Vo DN, Sindhu J, Sneka D, Subhashini B. 2021. Advanced Techniques to removes phosphates and nitrates from waters: a review. *Environmental Chemistry Letters* 19:3165-3180. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01239-2>
- Verma DK, Satyaveer, Maurya NK, Parvind Kumar P, Jayaswa R. 2022. Important water quality parameters in aquaculture: an overview. *Agriculture and Environment* 3 (3): 24-29.
- Veronica E, Leksono AS, Soemarno, Arfiati D. 2014. Effect of water quality on phytoplankton abundance in Hampalam river and fish pond of Batanjung Village. *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology* 8 (1): 15-21. DOI:[10.9790/2402-08111521](https://doi.org/10.9790/2402-08111521)
- Weinstock JB, Vargas L, Collin R. 2022. Zooplankton abundance reflects oxygen concentration and dissolved organic matter in a seasonally hypoxic estuary. *J. Mar. Sci. Eng.* 10 (3): 427. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse10030427>
- Wulur S. 2017. Rotifers In a Maricultural Perspective. Institute For Research and Community Services, Sam Ratulangi University. Manado [Indonesian]
- Znachor P, Nedoma J, Hejzlar J, Seďa J, Komárková J, Kolář V, Mrkvička T, Boukal DS. 2020. Changing environmental conditions underpin long-term patterns of phytoplankton in a freshwater reservoir. *Sci. Total Environ.*, 710 : 135626, DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.135626](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135626)
- Zongqing L, Xiao X, Wang Y, Zhang Y, Jiao N. 2022. Improved water quality monitoring indicators may increase carbon storage in the oceans. *Environmental Research* 206 (112608). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112608>.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas keterlibatan dalam doa dan dukungannya dalam capaian Guru Besar ini kepada:

- Ayahanda alm. Juli Benyamin Pagoray dan Ibunda Helena Pirade yang selalu ada buat saya.
- Suami tercinta, Prof. Dr. Ir. Taufan Purwokusumaning Daru, MP dan anak-anak terkasih, Fransiskus Antoni Yudhistira Yogapratama, S.Hum., dan drg. Anastasia Stefani Anggadewi Dwiputri, SKG., yang secara terus menerus memberi semangat dan inspirasi.
- Prof. Dr. Ir. H. Abdunnur, M.Si., IPU., ASEAN. Eng. selaku Rektor Universitas Mulawarman.
- Prof. Dr. M. Amir (Ketua Senat Periode 2024-2026) dan Prof. Haviluddin, Ph.D., Sebagai Ketua Senat Universitas Mulawarman (2026-2028).
- Para Guru Besar yang telah berkenan memberikan rekomendasi.
- Dr. M. Mustakim, S.Pi., M.Si. selaku Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman.
- Dr. Adi Susanto, selaku Ketua Jurusan Budidaya Perairan FPIK Universitas Mulawarman.
- Prof. Ir. Ndan Nimang, MP. PhD. Sebagai Direktur Pascasarjana.
- Prof. Dr. Hamdi Mayulu, M.Si., Ketua LPMMP Universitas Mulawarman.
- Prof. Widi Sunaryo, Ph.D., Ketua LP2M Universitas Mulawarman.
- Pak Agus Soepriyadi, SE., M.Si., dan Pak Sutikno, SE., M.Si., Pak Fandi SE., Pak Hari S.Pi., Kepegawaian, BUK Universitas Mulawarman.

Rekan-rekan Dosen dan Tendik di lingkungan Pascasarjana Unmul dan Jurusan Budidaya Perairan

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.



CURRICULUM VITAE

Nama : Henny Pagoray
NIP : 196512051990022001
NIDN : 0005126505
Tempat, Tanggal Lahir : Jeneponto, 5 Desember 1965
Email : pagoray.henny@gmail.com
No HP : 081311105294
Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan
Pangkat, Gol. : Guru Besar/ IV D
Alamat Rumah : Jl. Perum Sempaja Lestari Indah Blok C-13 Samarinda Kalimantan Timur
MK Diampu : Ekologi Perairan (S1)
Lingkungan Akuakultur (S1)
Fisik Kimia Tanah dan Air (S1)
Aplikasi Kolam Pascatambang untuk budidaya (S1)
Ekosistem Perairan (S2) FPIK
Ekologi dan Lingkungan (S2 Lingkungan)
Analisis Dampak Lingkungan (Amdal) S2 FPIK
Toksikologi Lingkungan (S3 Lingkungan)
Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (S3)
Analisis Dampak Lingkungan (S2 Lingkungan)
Projeck Riset Lingkungan (S3 Lingkungan)

RIWAYAT PENDIDIKAN

Program	S-1	S-2	S-3
Nama PT	Universitas Hasanuddin	Universitas Gadjah Mada	Institut Pertanian Bogor

Program	S-1	S-2	S-3
Bidang Ilmu	Perikanan	Ilmu Lingkungan	Ilmu Lingkungan
Tahun Lulus	1988	1998	2009
Judul Skripsi /Tesis / Disertasi	Pengaruh Dosis dan Frekuensi Pemberian Pakan Terhadap Pertumbuhan Ikan Mas	Pengaruh Pencemaran Lingkungan Terhadap Keanekaragaman Plankton, Gastropoda dan Bivalvia di tepi Kali Donan Cilacap	<i>Bioaugmentasi dan Biostimulasi Limbah Hidrokarbon dan Analisis Keberlanjutan</i>

RIWAYAT PENELITIAN

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Pendanaan
1.	2025	Survey Kekayaan Spesies Ikan Dan Kesehatan Ikan Serta Status Mutu Air hubungan dengan Ekologi Sungai Muara Pahu, Peninggahan dan Jantur	FPIK Unmul dan PT Fajar Sakti Bayan
2.	2023	Survey Kekayaan Spesies Ikan Dan Kesehatan Ikan Serta Status Mutu Air Sungai Kedang Kepala	FPIK Unmul dan PT Bara Tabang Bayan
3.	2022	Survei Identifikasi Kekayaan Spesies Ikan Dan Lingkungan	FPIK Unmu- PT REA KALTIM PLANTATIONS
4	2021	Inventory of Aquatic Biodiversity and Ecology of Hydrological Peatland unit in the Middle Mahakam, East Kalimantan	FPIK Unmul- GIZ
5.	2020	Analisis Kualitas dan Kuantitas Plankton Pada Kolam Pasca Tambang Barubara Yang Digunakan Untuk Budidaya	FPIK Unmul
6.	2019	Pemanfaatan tanaman untuk menyerap bahan organik dan anorganik pada kolam pasca tambang batubara untuk budidaya ikan (Tahap II)	Ristekdikti
7.	2018	Pemanfaatan tanaman untuk menyerap bahan organik dan anorganik pada kolam pasca tambang batubara untuk budidaya ikan (Tahap I)	Ristekdikti
8.	2017	Tim Peneliti Amdal Jalan Kec. Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara	Dinas PU Kukar
9.	2016	Ketua Tim Peneliti Fitoremediasi Lahan Pasca Tambang Batubara yang di manfaatkan untuk budidaya Perairan (Tahap I)	Menristekdi kti
10.	2016	Tim Peneliti Amdal Jalan Sebulu Kabupaten Kutai Kartanegara	Dinas PU Kukar
11.	2016	Tim Peneliti Pengembangan dan Pemanfaatan Danau Jempang Kutai Barat (Tahap II) dalam proses penelitian	Menristekdikti
12.	2015	Tim Peneliti Pengembangan dan Pemanfaatan Danau Jempang Kutai Barat (Tahap I)	Dikti
13.	2015	Tim Peneliti kajian tambak di delta Mahakam	DKP Kukar

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Pendanaan
		(3 Kecamatan)	
14.	2014	Ketua Tim Penelitian Kajian Fluktuasi Kualitas Air Kolam Pasca Tambang yang Digunakan Untuk Usaha Budidaya Ikan dalam Karamba Sehubungan dengan kematian Massal Ikan (Tahap II)	DIKTI
15.	2014	Tim Peneliti kajian tambak di delta Mahakam (2 Kecamatan)	DKP Kukar
16.	2013	Ketua Tim Penelitian Kajian Fluktuasi Kualitas Air Kolam Pasca Tambang yang Digunakan Untuk Usaha Budidaya Ikan dalam Karamba Sehubungan dengan kematian Massal Ikan (Tahap I)	DIKTI
17.	2013	Tim Peneliti Produktivitas Tambak SPU Total	Total
18.	2012	Tim Peneliti Zonasi Pesisir Kutim	DKP Kutim
19.	2012	Tim Peneliti Produktivitas Tambak NPU Total	Total
20.	2012	Tim Peneliti Kajian Kualitas Air dan Logam berat pada Biota perairan di Kutai Kartanegara	BLHD Kukar
21.	2012	Pemanfaatan Lahan Bekas Penambangan untuk Usaha Budidaya Ikan yang Berkelanjutan	APBN
22.	2012	Tim Penyusun AMDAL Kegiatan dan Pembangunan Pelabuhan Muara Badak Kab. Kutai Kartanegara Kalimantan Timur	Dinas PU Kukar
23.	2012	Tim Penyusun AMDAL Kegiatan dan Pembangunan Pelabuhan Samboja Kalimantan Timur	Dinas PU Kota Samarinda
24.	2012	Tim Survey Pemetaan Potensi Wilayah Pesisir serta Pulau-Pulau Kecil di Sangatta Kutim	DKP Kutim

RIWAYAT PENGABDIAN MASYARAKAT

No.	Tahun	Judul	Lokasi
1.	2025	Tim Pelaksana Kegiatan Masyarakat : Edukasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Dan Penyakit Ikan Untuk Berkelanjutan Budidaya Di Keramba Jaring Apung Bem Kota Bontang Tanggal 9 Agustus 2025 Di Keramba Jaring Apung Bem Kota Bontang Oleh Program Studi Akuakultur Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman	Kota Bontang
2.	2026	Tenaga Ahli Penyusunan Rancangan Peraturan Daerah (RAPERDA) Tentang Kota Layak Anak di Kabupaten Paser Tahun 2026 Pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Mulawarman	Kab. Paser
3.	2026	Peningkatan Kapasitas Produksi Kelompok Budidaya Ikan Di Desa Loleng, Kecamatan Kota Bangun, Kabupaten Kutai Kartanegara Melalui Workshop Pembenhian Ikan Air Tawar Dan Pelatihan Formulasi Pakan Mandiri	Kab. Kukar
4.	2026	Sebagai Narasumber pada Kegiatan Sosialisasi Program Pascasarjana di PT Kaltim Prima Coal pada tanggal 27 Mei 2026	Kab. Kutim
5.	2026	Sebagai NARASUMBER pada Kegiatan Sosialisasi Program Pascasarjana di PT LNG Bontang pada tanggal 28 Mei 2026	Kota Bontang
6.	2024	Air Sungai Mahakam Untuk Kesesuaian Budidaya Ikan Dalam Karamba" Program Studi Akuakultur Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman Di Desa Pela Kecamatan Kota Bangun Kabupaten Kutai Kartanegara	Kab. Kukar

PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH
DALAM JURNAL

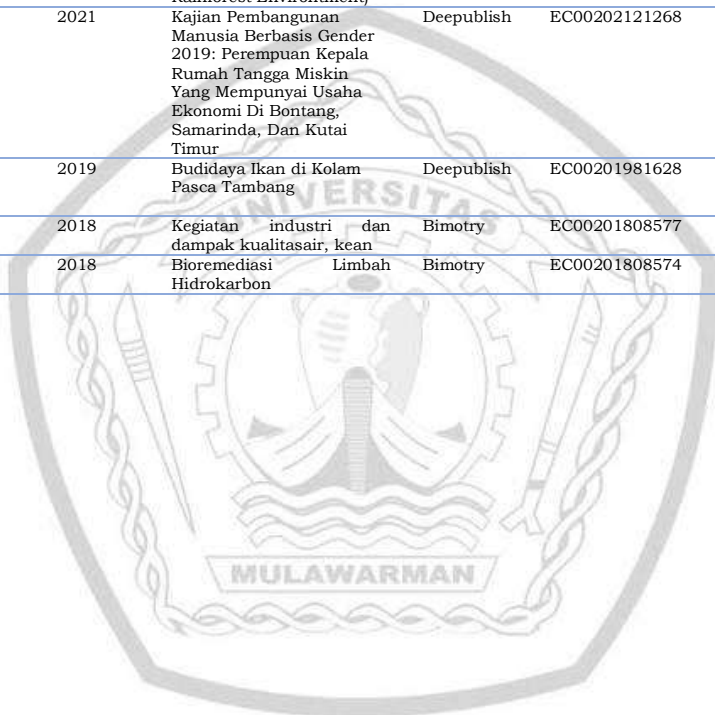
No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1	2026	Community participation components clustering and association with demographic characteristics in garbage management: a case study in Penajam Paser Utara Regency, Indonesia	Vol. 40. No.3. 2026	International J. Environment and Waste Management
2	2026	Water Quality Dynamics of The Karang Mumus River and Its Suistability for Tiger Prawn (<i>Penaeus monodon</i>) Farming	Volume 29(X): XX-XX, 2026.	Pakistan Journal of Biological Sciences
3	2026	Pemodelan Spasial-Temporal Cbod Dan Do Sungai Lawa Menggunakan Water Quality Analysis Simulation Program (Wasp)	Vol. 10 No. 01, 2026 E – ISSN 2987-0119	Jurnal Tekhnologi Lingkungan, Universitas Mulawarman
4.	2025	Water quality and plankton diversity to support aquaculture in the middle Mahakam Watershed, East Kalimantan, Indonesia	Biodiversitas ISSN: 1412-033X Volume 26, Number 1, January 2025	Biodiversitas
5	2025	Distribution and Contamination Level of Heavy Metal Iron (Fe) in Benanga Reservoir Sediment, Samarinda City, East Kalimantan	Journal of Water Resource and Protection, 2025, 17(4), 291-305	Scientific Research Publishing Inc.
6.	2024	The growth of tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) in floating cages treated with aquatic plants in a post coal mining void	AACL Bioflux, 2024, Volume 17, Issue 4. http://www.bioflux.com.ro/aac	AACL Bioflux
7.	2024	Supplementation of Sweet Potato Flour (<i>Ipomoea batatas</i>) on Growth Performance and Feed Utilization of Sangkuriang Catfish (<i>Clarias gariepinus</i>)	Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia, ISSN 2303 – 2960 12 (1), 29-39 (2024)	Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia
8	2024	Analysis of the impact of water treatment by liming sedimentation and dredging on the content of heavy metals in fish intended for consumption	Journal of sustainable r issue 1, 2024;XX:87-97	Journal of Sustainable Mining
9.	2023	Diversity, nutrient contents and production of forage plants in an integrated cattle livestock-oil palm plantation in East Kalimantan, Indonesia	Biodiversitas ISSN: 1412-033X Volume 24, Number 4, April 2023 E-ISSN: 2085-4722 Pages: 1980-1988	Buodiversitas
10.	2022	Pemanfaatan Kubis sebagai Bahan Pakan Buatan untuk Pertumbuhan Benih Ikan Lele Mutiara (<i>Clarias gariepinus</i>)	Volume 27 No. 2, Juni 2022: 192-200 192 e-issn : 2721-8902 p-issn: 0853-7607	Jurnal Perikanan Dan Kelautan
11	2022	Management of Poverty Feminization Program of Women Head of Household in East Kalimantan Province	Nonformal P-ISSN 2407-8018 E-ISSN 2721-7310 DOI prefix 10.37905 Volume 08 (2) May 2022	Aksara: Jurnal Ilmu Pendidikan
12.	2022	Fish fauna of peatland waters in the middle Mahakam, Kutai Kartanegara, East Kalimantan, Indonesia	E3S Web of Conferences 322, 01018 (2021) https://doi.org/10.1	

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
			051/e3sconf/202132 201018 ISFFS 2021	
13.	2022	Environmentalism vs Subsistence Aquaculture in Utilization of Former Open-Pit Coal Mines as Reservoirs for Aquaculture in Indonesia	March 2022 • World Aquaculture	www.was.org
14.	2022	Bungkil Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Alternatif Pakan Buatan Untuk Pertumbuhan Ikan Lele Sangkuriang (<i>Clarias gariepinus</i>)	Volume 6 No. 2, (2022), :26-33 E-issn: 2581-0294	FMR (Journal of Fisheries and Marine Research)
15.	2021	Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan	Volume 9(1): 53-65, ISS ISSN 2354-7251 (print)	Jurnal Pertanian Terpadu
16.	2020	The use of Aquatic Plants as Organic Absorbent in Coal Mining Void Used For Aquaculture	AACL Bioflux Vol. 13, Issue 2 http://www.bioflux.com.ro/aacl	AACL Bioflux
17.	2020	Phytoplankton dan Zooplankton Sebagai Pakan Alami di Kolam Pasca Tambang Batubara Loa Bahu Samarinda	Volume 8(2): 201-210 IS (online) ISSN 2354-7251	Jurnal Pertanian Terpadu
18.	2019	Analisis Kesuburan Tambak di Bontang Kuala Kalimantan Timur	Vol.7(1): 70-78 ISSN 2549-7383 (online) ISSN 2354-7251 (print)	Jurnal Pertanian Terpadu, JPT
19.	2018	Biodiversities and Abundance of Plankton and Benthos in Lake Jempang, West Kutai	Vol. 6 No. 1 (2018), Journal of Wetlands Environmental Management	Journal of Wetlands Environmental Management
20.	2018	Analisis Plankton dan Bentos Tambak Bontang Kuala Kota Bontang	ISSN 2354-7251 (Print), ISSN 2549-7383 (online) Vol. 6(1): 30-38, 2018	Jurnal Pertanian Terpadu JPT
21.	2017	Pemanfaatan Tanaman Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>) untuk Meningkatkan Kualitas Air Kolam Pasca Tambang Batubara yang Digunakan untuk Budidaya Ikan	ISSN 2354-7251 (Print), ISSN 2549-7383 (online) Jilid V, Nomor 1, Juni 2017,	Jurnal Pertanian Terpadu JPT
22.	2016	Karakteristik Air Kolam Pasca Tambang Batubara yang Dimanfaatkan Untuk Budidaya Perairan	ISSN cetak : 1412 – 1468; ISSN Elektronil : 2355 – 3545; Vol. 41 Nomor 2 Juni 2016	Jurnal Ziara Uniska
23.	2015	Kualitas Plankton Pada KolamPasca tambang yang dimanfaatkan untuk budidaya ikan	ISSN : 1412 –1468, Vol 2015	Jurnal Zira'ah Uniska
24.	2015	Kajian Logam berat dalam Air dan Biota yang dibudidaya di kolam pasca tambang Batubara	ISBN: 978 –602 -72574 5 (jilid 2)	Prosiding Sekolah Tinggi Ilmu Perikanan Jakarta
25.	2014	Kajian Fluktuasi Kualitas Air Kolam Pasca Tambang yang Digunakan Untuk Usaha Budidaya Ikan dalam Karamba Sehubungan dengan kematian Massal Ikan	ISBN 978-602-17572-7-7 (jil 3)	Prosiding Sekolah Tinggi Ilmu Perikanan Jakarta
26.	2013	Pemanfaatan Lahan Bekas Penambangan untuk Usaha Budidaya Ikan yang Berkelanjutan	ISSN 0215- 2525, Volume XXIX Nomor 2, 2014	Jurnal Dinamika Pertanian
27.	2010	Analisis Keberlanjutan Bioremediasi Limbah	Jurnal Vol.4 No.1 Tahun 2010 ISSN:	Balai Penelitian dan

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
		Hidrokarbon	197-838x	Pengembang an Daerah

PENGALAMAN MENULIS BUKU

No.	Tahun	Judul Buku	Penerbit	HKI
1.	2025	Ikan Mahakam Lingkungan Tropika Lembab (Mahakam Fish in the Tropical Rainforest Envrionment)	Damera Press	EC002025107653
2.	2021	Kajian Pembangunan Manusia Berbasis Gender 2019: Perempuan Kepala Rumah Tangga Miskin Yang Mempunyai Usaha Ekonomi Di Bontang, Samarinda, Dan Kutai Timur	Deepublish	EC00202121268
3.	2019	Budidaya Ikan di Kolam Pasca Tambang	Deepublish	EC00201981628
4.	2018	Kegiatan industri dan dampak kualitasair, kean	Bimotry	EC00201808577
5.	2018	Bioremediasi Limbah Hidrokarbon	Bimotry	EC00201808574





UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. Sunardi, S.S., M.Hum.

PEMBELAJARAN BAHASA INGGRIS BERBASIS
SASTRA: KAJIAN TEORETIS DAN BUKTI EMPIRIS
ATAS KESENJANGAN TEORI DAN PRAKTIK DI
PERGURUAN TINGGI INDONESIA

24 September 2026
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. Sunardi, S.S., M.Hum.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
SINOPSIS	1
A. Bahasa sebagai Wadah Rasa: Mengapa Sastra Penting bagi Pembelajaran Bahasa Inggris	4
B. Titik Awal Evaluasi: Konsepsi dan Konflik Relasional di Kelas Sastra	5
C. Eskalasi Masalah: Menghadapi Tegangan Teori dan Praktik di LPTK	6
D. Resolusi Pedagogis dan Strategi Masa Depan: Lima Jalan Merajut Sastra	8
E. Refleksi Personal dan Konteks Kalimantan Timur	10
F. Penutup Dan Kesimpulan	11
<i>Harapan dan Seruan bagi Pendidikan Bahasa Inggris Indonesia.....</i>	<i>11</i>
<i>Kesimpulan dan Pesan Penutup</i>	<i>12</i>
DAFTAR PUSTAKA.....	13
UCAPAN TERIMA KASIH	16
CURRICULUM VITAE	19

SINOPSIS

Prof. Dr. Sunardi, S.S., M. Hum. mendapatkan gelar **Guru Besar** dalam **Bidang Ilmu Pengajaran Bahasa Inggris Berbasis Sastra/Linguistik dan Literature (Literature Based English Language Teaching)**. Naskah orasi ilmiah ini lahir dari perjalanan panjang yang saya tempuh sejak masih menjadi seorang pembelajar bahasa Inggris di sebuah kampung kecil di Bulukumba, Sulawesi Selatan — jauh dari penutur asli, namun dekat dengan cerita dan kata-kata. Dari perjalanan itulah tumbuh sebuah keyakinan yang saya bawa sepanjang perjalanan akademik saya: bahwa sastra bukan sekadar pelengkap kurikulum bahasa, melainkan jantungnya.

Keyakinan itu telah lama saya bawa dalam pendekatan yang saya sebut Literature Based ELT — cara memandang pengajaran bahasa Inggris yang menempatkan sastra bukan sebagai pelengkap kurikulum, melainkan sebagai jantungnya. Keyakinan ini kemudian saya uji melalui penelitian lapangan bersama sejawat saya, Dr. Istanti Hermagustiana dan Dr. Desy Rusmawaty, yang mengamati langsung pergulatan dosen-dosen sastra di empat perguruan tinggi di Indonesia. Penelitian ini telah dipublikasikan pada *Journal of Language Teaching and Research*, Volume 16, Nomor 2, Tahun 2025, dengan judul “Tension Between Theory and Practice in Literature Courses at University-Based Educational Institutions: Strategies and Approaches” (DOI: 10.17507/jltr.1602.33).

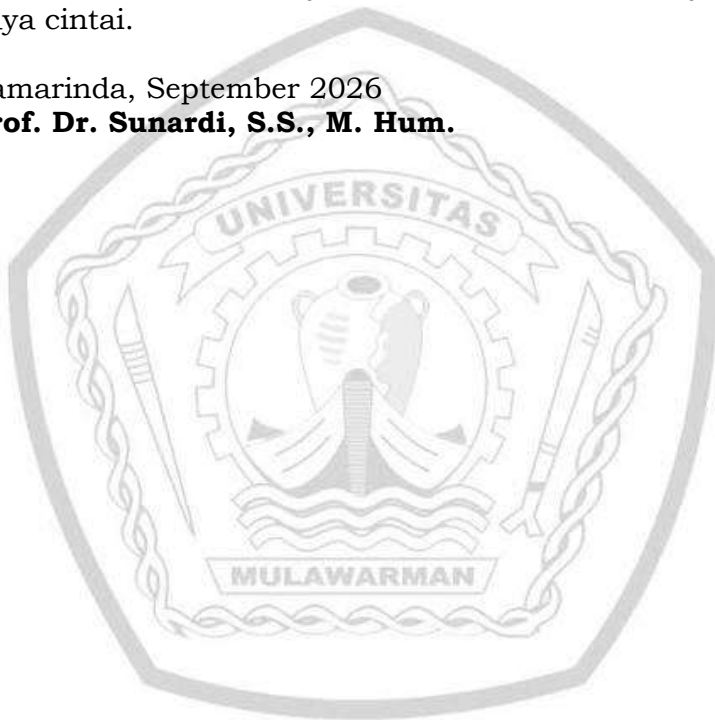
Dalam naskah ini, saya memadukan keyakinan konseptual itu dengan temuan lapangan yang tidak selalu nyaman untuk didengar: bahwa mencintai sastra saja ternyata tidak cukup untuk mengajarkannya dengan baik. Dari situ saya menawarkan lima jalan merajut sastra sebagai jalan keluar — bukan formula kaku, melainkan peta yang saya rajut dari pengalaman dan riset saya sendiri.

Dibutuhkan strategi, keberanian untuk berkolaborasi antarsejawat, dan kerendahan hati untuk terus belajar mengajar dengan cara yang lebih manusiawi. Inilah yang menjadi inti argumentasi orasi ini. Ucapan terima kasih secara lebih lengkap saya sampaikan pada Bagian IV naskah ini.

Semoga naskah kecil ini menjadi sumbangsih yang bermakna bagi dunia pendidikan bahasa Inggris di Indonesia, khususnya di Kalimantan Timur yang saya cintai.

Samarinda, September 2026

Prof. Dr. Sunardi, S.S., M. Hum.



**Bismillahirrohmanirrohim,
Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,
Selamat pagi, salam sejahtera untuk kita semua,
Om Swastyastu, Namu Buddhaya, Salam Kebajikan.**

Yang saya hormati Ketua, Sekretaris, dan seluruh Anggota Senat Akademik Universitas Mulawarman;
Yang saya hormati Rektor Universitas Mulawarman, Prof. Dr. Ir. H. Abdunnur, M.Si, para Wakil Rektor, Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, serta segenap pimpinan di lingkungan Universitas Mulawarman;

Yang saya hormati para Guru Besar, rekan sejawat dosen, tenaga kependidikan, serta mahasiswa yang saya banggakan;

Serta yang saya muliakan para tamu undangan, tokoh masyarakat, sahabat, dan keluarga tercinta yang hadir pada hari yang berbahagia ini.

Puji dan syukur marilah kita panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala, karena atas rahmat, karunia, dan izin-Nya, kita dapat berkumpul dalam Sidang Terbuka Senat Akademik ini dalam keadaan sehat walafiat.

Berdiri di podium ini, saya merasa sangat terhormat sekaligus mengemban tanggung jawab ilmiah yang besar. Pada hari yang bersejarah ini, perkenankan saya menyampaikan orasi ilmiah yang merangkum peta jalan penelitian saya selama lebih dari satu dekade, dengan judul: Pembelajaran Bahasa Inggris Berbasis Sastra: Kajian Teoretis dan Bukti Empiris atas Kesenjangan Teori dan Praktik di Perguruan Tinggi Indonesia.

Orasi ini merupakan kristalisasi dari perjalanan akademik dan riset lapangan yang telah kami lakukan dan publikasikan di Journal of Language Teaching and Research (JLTR) Volume 16, Nomor 2, Tahun 2025.

A. Bahasa sebagai Wadah Rasa: Mengapa Sastra Penting bagi Pembelajaran Bahasa Inggris

Hadirin yang saya muliakan,

Izinkan saya membuka bagian ini dengan sebuah pertanyaan yang telah menemani perjalanan akademik saya selama lebih dari dua dekade: mengapa seorang anak petani dari Bulukumba, Sulawesi Selatan, yang tumbuh jauh dari perpustakaan besar dan jauh dari penutur asli bahasa Inggris, justru menemukan rumahnya di dalam sastra — di dalam kata-kata yang ditulis orang lain, dalam bahasa yang bukan bahasa ibunya? Pertanyaan itulah yang ingin saya jawab dalam orasi ini, bukan hanya untuk diri saya, tetapi untuk setiap guru, setiap dosen, dan setiap peserta didik yang bergulat setiap hari mempertemukan teori dengan kelas yang nyata.

Selama bertahun-tahun, pengajaran bahasa Inggris di Indonesia terlalu sering direduksi menjadi latihan tata bahasa, hafalan kosakata, dan simulasi ujian. Bahasa diperlakukan seperti mesin: disusun dari kaidah, dijalankan dengan rumus, diuji dengan angka. Namun bahasa, hadirin sekalian, bukan sekadar mesin. Bahasa adalah wadah rasa. Dan tidak ada wadah rasa yang lebih kaya selain sastra.

Tantangan semacam ini bukan gejala baru. Ia telah lama didokumentasikan dalam kajian pengajaran sastra bahasa Inggris sebagai bahasa asing, dari kesulitan memilih teks yang relevan hingga keterbatasan waktu untuk mendalami setiap karya (Mohammed, 2017; Nawi & Nor, 2023).

Ketika seorang mahasiswa membaca sebuah cerpen, sebuah puisi, atau naskah drama yang menggambarkan pergulatan manusia dengan nasibnya, ia tidak sekadar belajar kosakata baru. Ia belajar berempati dengan tokoh yang berduka. Ia belajar mempertanyakan struktur sosial yang timpang. Ia belajar melihat dunia dari mata yang bukan

matanya sendiri. Inilah yang oleh para ahli disebut sebagai literary competence — kompetensi yang jauh melampaui kemampuan menjawab soal pilihan ganda.

Pendekatan Literature Based ELT yang saya geluti berangkat dari keyakinan ini: bahwa sastra bukan pelengkap kurikulum bahasa, melainkan jantungnya. Melalui teks sastra, pembelajar bahasa Inggris di Indonesia — yang jarang terpapar bahasa itu di luar kelas — mendapatkan konteks yang autentik, kaya makna, dan menggugah pikiran kritis sekaligus kepekaan nurani.

Namun, hadirin sekalian, di sinilah persoalan sesungguhnya dimulai.

B. Titik Awal Evaluasi: Konsepsi dan Konflik Relasional di Kelas Sastra

Hadirin yang saya muliakan,

Perjalanan akademis saya dalam meneliti integrasi sastra pada English Language Teaching (ELT) bermula dari sebuah kegelisahan empiris mengenai bagaimana kelas sastra dijalankan di Indonesia. Pada tahun 2018, melalui artikel ilmiah saya bersama Prof. Mansur Akil, Prof. Burhanuddin Arafah, dan Kisman Salija di *Journal of Language Teaching and Research (JLTR)* yang berjudul “Looking at the Shared Conception of Teaching Literature in an Indonesian ELT Setting,” saya melakukan investigasi mendalam menggunakan metode Interpretative Phenomenological Analysis (IPA) terhadap rekam jejak para pengajar sastra Inggris (English Literature Teachers/ELITES) di berbagai lembaga pendidikan tinggi di Indonesia (Sunardi, Akil, Arafah, & Salija, 2018).

Dari riset fenomenologis tersebut, saya menemukan dua benang merah krusial yang menjadi akar hambatan pembelajaran kita:

- Disorientasi Pendekatan dan Peran: Pembelajaran sastra kerap terjebak dalam pendekatan

konvensional yang berpusat pada guru (teacher-centered approach). Dosen bertindak sebagai satu-satunya otoritas penafsir teks, di mana sastra dipandang semata-mata sebagai instrumen pelengkap (auxiliary tool) untuk mengasah keterampilan berbahasa, bukan sebagai bidang studi mandiri yang utuh.

- **Konflik Relasional di Ruang Kelas:** Terjadi benturan ekspektasi yang tajam antara dosen dan mahasiswa. Pengajar mengalami frustrasi akibat pasivitas mahasiswa yang dipicu oleh keterbatasan kosakata (unfamiliar vocabulary), rendahnya motivasi membaca teks panjang seperti novel, serta orientasi belajar yang sangat kaku — sekadar hafalan demi lulus ujian (exam-oriented).

Sastra dengan “L” besar yang sarat nilai estetika pada akhirnya justru menjadi momok menakutkan yang memicu frustrasi linguistik bagi mahasiswa kita.

C. Eskalasi Masalah: Menghadapi Tegangan Teori dan Praktik di LPTK

Hadirin yang saya hormati,

Ketegangan ruang kelas yang saya potret pada tahun 2018 nyatanya tidak berdiri di ruang hampa. Akar masalah ini menjalar jauh hingga ke hulu institusi pencetak guru, atau Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK). Pendidik tidak bisa serta-merta disalahkan atas kegagalan kelas sastra jika kurikulum pendidikan tinggi tempat mereka ditempa mengalami disorientasi pedagogis.

Untuk mengurai simpul mati tersebut, saya melanjutkan riset kualitatif bersama tim sejawat saya, Dr. Istanti Hermagustiana dan Dr. Desy Rusmawaty, yang dipublikasikan di *Journal of Language Teaching and Research (JLTR)* Volume 16, Nomor 2 (2025) dengan judul “Tension Between Theory and Practice in Literature Courses at University-Based Educational

Institutions: Strategies and Approaches” (Sunardi, Hermagustiana, & Rusmawaty, 2025).

Melalui kajian tematik ini, kami membedah faktor-faktor sistemis yang melahirkan jurang pemisah (gap) antara pemahaman konseptual akademis dan implementasi praktis di kelas. Kami menemukan bahwa ketegangan (tension) ini dipicu oleh determinan utama seperti keselarasan kurikulum, keterbatasan alokasi waktu, tuntutan penilaian (assessment demands), serta latar belakang pengalaman dan keyakinan dosen itu sendiri. Mahasiswa calon guru kita kerap lulus dengan kepala penuh teori kritik sastra yang rumit, namun gagap dan tak punya perangkat pedagogis praktis saat harus mengajarkan satu bait puisi sederhana di hadapan siswa sekolah menengah.

Penelitian ini merupakan studi kualitatif multi-kasus yang melibatkan empat dosen pengampu mata kuliah sastra (Elit#1–Elit#4) di empat perguruan tinggi di Indonesia, termasuk Universitas Mulawarman, Universitas Borneo Tarakan, dan Universitas Negeri Makassar. Data dikumpulkan melalui wawancara mendalam, observasi kelas, dan studi dokumen, kemudian dianalisis secara tematik dengan member checking dan peer debriefing untuk menjaga kredibilitas temuan.

Kurikulum yang padat memaksa dosen “tergesa-gesa melewati karya-karya besar hanya untuk mengejar target” (Elit 1). Kompleksitas karya sastra membuat dosen harus berjalan di atas tali yang tipis — antara menantang mahasiswa untuk berpikir kritis, dan tidak membebani mereka hingga kehilangan minat (Elit 3). Penilaian karya sastra, yang pada dasarnya subjektif dan penuh interpretasi, harus tetap adil dan terukur (Elit-1, Elit-2, Elit-3). Dan di balik semua itu, ada beban kerja dosen yang kian menumpuk, serta tekanan eksternal berupa standar ujian yang kerap tidak selaras dengan semangat literasi yang sesungguhnya.

Temuan ini selaras dengan apa yang telah lama diingatkan oleh para peneliti lain. Darling-Hammond dkk. (2020) mencatat bahwa banyak pendidik sastra kesulitan menjembatani jarak antara prinsip teoretis dan penerapannya di kelas, akibat keterbatasan waktu dan dukungan institusional (Aveyard & Bradbury-Jones, 2019). Purvis dkk. (2019) turut menegaskan bahwa keyakinan konseptual pendidik terhadap sastra kerap tidak selaras dengan tujuan pembelajaran dan standar penilaian yang ditetapkan kurikulum.

Temuan ini bukan keluhan, hadirin sekalian. Temuan ini adalah cermin. Ia menunjukkan bahwa mencintai sastra saja tidak cukup untuk mengajarkannya dengan baik. Dibutuhkan strategi, dibutuhkan keberanian untuk berkolaborasi antarsejawat, dan dibutuhkan kerendahan hati untuk terus belajar mengajar dengan cara yang lebih baik.

D. Resolusi Pedagogis dan Strategi Masa Depan: Lima Jalan Merajut Sastra

Hadirin yang berbahagia,

Tugas utama seorang Guru Besar tidak hanya berhenti pada memetakan masalah, melainkan merumuskan jalan keluar. Berdasarkan temuan empiris dalam penelitian terbaru tersebut, saya menawarkan strategi praktis berbasis pedagogi adaptif untuk menjembatani jurang teori dan praktik di era digital ini:

- Collaborative Planning and Reflection: Menghubungkan kurikulum LPTK dengan praktisi guru di sekolah untuk menyelaraskan kedalaman analisis sastra dengan kesiapan linguistik siswa.
- Differentiated Instruction: Meninggalkan model klasikal “satu teks untuk semua”. Pendidik harus mampu memetakan teks sastra berdasarkan tingkatan literasi dan keunikan kebutuhan mahasiswa.

- **Technology Integration (Sastra Digital):** Memanfaatkan digitalisasi teks sastra untuk menurunkan kecemasan berbahasa mahasiswa, menaikkan minat baca, dan menyulap teks yang awalnya terasa “asing” menjadi media komunikasi yang hidup.

Ketiga strategi inti tersebut kemudian saya kembangkan lebih lanjut, bersama sejawat, menjadi lima jalan merajut sastra yang lebih rinci sebagai berikut.

Dari pergulatan itulah lahir tawaran-tawaran strategi yang telah saya dan sejawat kembangkan serta uji dalam berbagai forum akademik. Pertama, pengembangan profesional berkelanjutan bagi guru dan dosen sastra, agar mereka tidak berjuang sendirian menghadapi tegangan antara idealisme dan realitas kelas. Kedua, perencanaan kolaboratif antarpendidik, karena tidak ada satu pun guru yang boleh dibiarkan menanggung beban pedagogi sastra seorang diri. Ketiga, pembelajaran yang berdiferensiasi — mengakui bahwa setiap mahasiswa datang dengan latar belakang, minat, dan kepekaan yang berbeda terhadap teks yang sama. Keempat, integrasi teknologi dan sumber daya multimodal, yang membuka ruang diskusi sastra melampaui dinding kelas. Dan kelima, yang barangkali paling saya yakini: pedagogi yang responsif secara budaya — menghadirkan teks-teks yang berakar pada pengalaman, sejarah, dan kearifan lokal peserta didik kita sendiri, termasuk khazanah sastra dan budaya Kalimantan Timur.

Kelima langkah ini bukan sekadar intuisi pribadi. Pengembangan profesional yang kolaboratif terbukti membantu pendidik sastra menavigasi tantangan semacam ini (Deneen & Brown, 2016). Pembelajaran berdiferensiasi disarankan sebagai cara mengatasi konflik dalam kelas sastra (Fawns, 2022), sementara kepekaan guru terhadap kebutuhan individual peserta didik memperkuat pembelajaran yang inklusif (Chu &

Koo, 2019). Dialog dan kolaborasi antara pendidik dan penyusun kurikulum, sebagaimana ditekankan Bolton dkk. (2019), juga menjadi kunci meredakan ketegangan ini.

Kelima langkah inilah yang ingin saya rangkai sebagai satu kesatuan yang saya sebut lima jalan merajut sastra — bukan sebagai formula yang kaku, melainkan sebagai peta yang dapat disesuaikan oleh setiap pendidik dengan konteks kelasnya masing-masing. Inilah cara saya menjahit kembali jarak antara apa yang kita yakini dan apa yang kita lakukan di ruang kelas.

Hadirin yang saya hormati,

Izinkan saya menegaskan: pendekatan Literature Based ELT bukan proyek nostalgia untuk merindukan sastra klasik. Ia adalah proyek masa depan. Di tengah dunia yang kian dipenuhi informasi instan dan komunikasi serba singkat, kemampuan membaca panjang, memahami secara mendalam, dan berempati pada sudut pandang yang berbeda menjadi kian langka — dan karena itu, kian berharga. Mahasiswa yang dibesarkan oleh sastra tidak hanya lebih fasih berbahasa Inggris. Mereka tumbuh menjadi pembelajar yang lebih tangguh menghadapi ambiguitas, lebih terbuka pada perbedaan, dan lebih peka pada kemanusiaan orang lain.

E. Refleksi Personal dan Konteks Kalimantan Timur

Hadirin yang saya muliakan.

Perkenankan saya, pada bagian ini, berbagi sepenggal perjalanan pribadi. Sejak menyelesaikan pendidikan magister di Universitas Hasanuddin, Makassar, hingga menuntaskan program doktor di Universitas Negeri Makassar, dan kesempatan berharga menimba ilmu di

School of Literature, Ohio State University, Amerika Serikat, saya selalu kembali pada satu keyakinan yang sama: bahwa sastra adalah jalan paling manusiawi untuk mengajarkan bahasa.

Sejak tahun 2018, saya diberi amanah menjadi koordinator lapangan program magister dua gelar (*Split-Site Dual Degree*) kerja sama Universitas Mulawarman, Adelaide University, Australia Awards Indonesia, dan Dinas Pendidikan Provinsi Kalimantan Timur. Dari pengalaman itu, saya menyaksikan sendiri bagaimana para guru di pelosok Kalimantan Timur — dari Samarinda hingga daerah-daerah terpencil di sepanjang Sungai Mahakam — berjuang mengajarkan bahasa Inggris dengan sumber daya yang terbatas, namun dengan semangat yang tidak pernah padam.

Kalimantan Timur hari ini berdiri di titik yang istimewa dalam sejarah bangsa, seiring hadirnya Ibu Kota Nusantara di wilayah kita. Ini bukan sekadar perpindahan pusat pemerintahan. Ini adalah panggilan bagi dunia pendidikan di Kalimantan Timur, dan khususnya Universitas Mulawarman, untuk menyiapkan generasi yang tidak hanya cakap berbahasa Inggris secara teknis, tetapi juga kaya secara literasi, berpikir kritis, dan berakar kuat pada identitas serta kearifan lokalnya. Di sinilah Literature Based ELT menemukan panggung barunya yang paling relevan.

F. Penutup Dan Kesimpulan

Harapan dan Seruan bagi Pendidikan Bahasa Inggris Indonesia

Hadirin yang saya muliakan.

Pada penghujung orasi ini, izinkan saya menyampaikan tiga harapan. Kepada para pengambil kebijakan pendidikan, saya berharap kurikulum bahasa Inggris di Indonesia memberi ruang yang lebih

lapang bagi sastra, bukan sebagai mata kuliah pelengkap, melainkan sebagai fondasi literasi dan karakter. Kepada para pendidik dan calon pendidik bahasa Inggris, saya mengajak: jangan biarkan tekanan kurikulum dan target ujian memadamkan cinta kita pada teks. Peluklah ketegangan antara teori dan praktik itu sebagai ruang untuk terus tumbuh, bukan sebagai beban yang harus dihindari. Dan kepada Universitas Mulawarman yang saya cintai, saya berharap kampus ini terus menjadi rumah yang menumbuhkan pengajar-pengajar bahasa yang bukan hanya terampil, tetapi juga berjiwa sastrawi — yang mengajarkan bahasa Inggris dengan hati, bukan hanya dengan kaidah.

Sebab pada akhirnya, hadirin sekalian, tujuan tertinggi dari pembelajaran bahasa bukanlah sekadar kefasihan, melainkan kemanusiaan. Dan sastra, sejak dahulu hingga kini, adalah guru terbaik untuk kemanusiaan itu.

Kesimpulan dan Pesan Penutup

Pendekatan Literature Based ELT yang saya bangun sepanjang orasi ini, dan lima jalan merajut sastra yang saya tawarkan sebagai jalan keluarnya, adalah satu kesatuan yang tidak terpisahkan: yang pertama adalah keyakinan, yang kedua adalah cara saya menjaga keyakinan itu tetap hidup di ruang kelas yang sesungguhnya.

Izinkan saya mengakhiri orasi ini dengan sebuah keyakinan yang saya pegang teguh: bahwa setiap kata yang kita baca, setiap cerita yang kita ajarkan, adalah benih yang kita tanam bagi kemanusiaan generasi mendatang. Semoga pengukuhan ini bukanlah garis akhir, melainkan titik awal dari pengabdian yang lebih luas dan lebih bermakna bagi dunia pendidikan bahasa Inggris di Indonesia, khususnya di Kalimantan Timur yang saya cintai.

DAFTAR PUSTAKA

- Aveyard, H., & Bradbury-Jones, C. (2019). An analysis of current practices in undertaking literature reviews in nursing: findings from a focused mapping review and synthesis. *BMC Medical Research Methodology*, 19, Article 105.
- Bolton, P., Smith, C., & Bebout, L. (2019). *Teaching with Tension*. Northwestern University Press.
- Brown, J., & Jones, M. (2016). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied Developmental Science*, 24(2), 97–140.
- Calafato, R. (2023). Charting the motivation, self-efficacy beliefs, language learning strategies, and achievement of multilingual university students learning Arabic as a foreign language. *Asian Journal of Second and Foreign Language Education*, 8(1), 20.
- Calafato, R. (2024). Literature in language education: exploring teachers' beliefs, practices, creativity, and literary competence. *Pedagogies: An International Journal*, 19(1), 80–98.
- Chu, S. K. W., & Koo, A. (2019). The role of teacher sensitivity in differentiated instruction. *Journal of Education*, 57(4), 411–425.
- Clark, P., & Peterson, P. (2014). Connections between teachers' knowledge of students, instruction, and achievement outcomes. *American Educational Research Journal*, 55(5), 1076–1112.
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied Developmental Science*, 24(2), 97–140.
- DeFranco, J., & Juchniewicz, H. (2020). A systematic literature review on Internet of Things in education: Benefits and challenges. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(2), 115–127.
- Deneen, C. C., & Brown, G. T. L. (2016). The impact of conceptions of assessment on assessment literacy in a teacher education program. *Cogent Education*, 3(1), 09–13.

- Fawns, T. (2022). An entangled pedagogy: Looking beyond the pedagogy—technology dichotomy. *Postdigital Science and Education*.
- Gorodetsky, S., & Hoz, R. (2007). Conceptions, practice, and change. *Educational Action Research*, 5(3), 423–433.
- Hargreaves, A., et al. (2016). Bacteriophage combinations significantly reduce *Clostridium difficile* growth in vitro and proliferation in vivo. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 60(2), 968–981. [Catatan: judul referensi ini sebagaimana tercantum dalam daftar pustaka asli sumber JLTR 2025, tampak tidak sesuai topik — kemungkinan kesalahan sitasi pada sumber asli.]
- Henderson, P., et al. (2018). Deep reinforcement learning that matters. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 32.
- Hobbs, L. (2022). Teaching Conflict in Literature with Short Stories. *Nouvelle ELA*.
- Johnson, J. (2015). Cooperative learning in 21st century. *Journal of Educational Research & Practice*, 10(1), 161–166.
- Johnson, J., & Smith, M. (2019). Joy: A review of the literature and suggestions for future directions. *Journal of Occupational Health Psychology*, 20(2), 283–294.
- Li, M., & Zhang, M. (2021). Collaborative Writing in L2 Classroom: A Research Agenda. Cambridge University Press.
- Martinez, M., & Wilson, W. (2020). The significance of parental involvement in the development in infancy. *Journal of Educational Research & Practice*, 10(1), 161–166.
- Mohammed, K. (2017). An exploration of the main difficulties and challenges in teaching EFL literature: The case of teachers at the University of Tlemcen, Algeria. SSRN.
- Nawi, N. S. M., & Nor, N. A. A. M. (2023). The challenges in the teaching of English literature: A systematic review. *International Islamic University Malaysia*.
- Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: In search of conceptual origins. *Sustainability Science*, 14, 681–695.

- Rooney, J. (2017). The impact of tensions on teachers' pedagogical beliefs and approaches. *Journal of Education*, 55(3), 305–320.
- Smith, T., Brumskill, R., Johnson, A., & Zimmer, T. (2018). The impact of teacher language on students' mindsets and statistics performance. *Social Psychology of Education*, 21(4), 775–786.
- Sunardi, S., Akil, M., Arafah, B., & Salija, K. (2018). Looking at the shared conception of teaching literature in an Indonesian ELT setting. *Journal of Language Teaching and Research*, 9(2), 316–327. <https://doi.org/10.17507/jltr.0902.13>
- Sunardi, S., Hermagustiana, I., & Rusmawaty, D. (2025). Tension between theory and practice in literature courses at university-based educational institutions: Strategies and approaches. *Journal of Language Teaching and Research*, 16(2), 666–675. <https://doi.org/10.17507/jltr.1602.33>
- Thompson, T., et al. (2019). Changing students' minds and achievement in mathematics: The impact of a free online student course. *Frontiers in Education*, 3, 26.
- Williams, C. (2018). Changing students' minds and achievement in mathematics: The impact of a free online student course. *Frontiers in Education*, 3, 26.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pencapaian gelar Guru Besar ini bukanlah hasil kerja keras saya seorang diri. Oleh karena itu, izinkan saya menyampaikan rasa terima kasih dan penghormatan yang setulus-tulusnya kepada:

1. Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan, atas kepercayaan dan amanah yang diberikan kepada saya untuk mengemban jabatan akademik tertinggi ini.
2. Rektor Universitas Mulawarman, para Wakil Rektor, Ketua dan Anggota Senat Akademik, serta seluruh jajaran pimpinan di lingkungan Universitas Mulawarman, yang telah memberikan kebijakan, ruang, dukungan moral, serta ekosistem riset yang sangat kondusif selama saya mengabdikan.
3. Dekan dan segenap pimpinan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Mulawarman, khususnya keluarga besar Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris, yang telah menjadi rumah akademis yang hangat dan penuh dinamika bagi karier saya sejak tahun 2002.
4. Rekan sejawat dan co-authors saya, Dr. Istanti Hermagustiana dan Dr. Desy Rusmawaty. Terima kasih atas kolaborasi ilmiah, diskusi larut malam, dan komitmen luar biasa dalam merampungkan publikasi riset JLTR kita. Penghargaan tinggi juga saya sampaikan kepada para promotor dan mentor akademis saya terdahulu, Prof. Mansur Akil dan Prof. Burhanuddin Arafah, yang membimbing langkah riset awal saya di Makassar.
5. Seluruh kolega di organisasi profesi ASIA-TEFL, tempat saya bernaung sejak tahun 2013, yang terus memperluas cakrawala berpikir saya dalam skala internasional.
6. Mahasiswa-mahasiswaku di Program Studi dan Magister Pendidikan Bahasa Inggris Universitas Mulawarman, yang selalu menjadi inspirasi

terbesar saya untuk terus belajar, meneliti, dan menulis.

7. Teristimewa untuk orang-orang tercinta yang paling utama:

- Ayahanda tercinta H. Mappiasse Banda (Alm.) dan Ibunda tercinta Hj. Sariyani Sannang: terima kasih yang tak terhingga atas limpahan doa yang tiada pernah terputus di sepertiga malam, restu yang tulus, limpahan kasih sayang sejak kecil, serta nilai-nilai kehidupan yang melandasi setiap langkah saya hingga mampu berdiri kokoh sebagai seorang pendidik dan ilmuwan di podium terhormat ini.
- Istri tercinta, Naima Natsir, S.Pd.: seseorang yang selalu setia berdiri tegap di samping saya dalam suka maupun duka. Terima kasih karena telah mengorbankan begitu banyak waktu, menenggang kesibukan saya di meja kerja saat membaca dan menulis, serta tanpa lelah memberikan limpahan doa, dukungan semangat, cinta, dan ketenangan dalam setiap fase perjuangan akademis ini.
- Anak-anakku tersayang, Yasinta Faradhibah, S.Sos., Yasinta Faradhibah Sunardi, S.Farm., dan Aisyah Raihani Putri: sumber kebahagiaan, tawa, dan pelipur lara ayah. Terima kasih telah menjadi alasan terbesar ayah untuk terus berjuang, menjadi energi penguat saat lelah, dan bersabar ketika waktu kebersamaan kita sering kali tersita oleh tumpukan naskah ilmiah. Kehormatan gelar Guru Besar ini sepenuhnya ayah persembahkan untuk kalian semua sebagai hadiah atas segala pengorbanan waktu dan semangat yang kalian berikan.

Dan kepada seluruh hadirin yang telah meluangkan waktu untuk hadir pada hari ini, saya sampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Akhir kata, semoga gelar dan jabatan akademik ini dapat saya baktikan sepenuhnya demi kemajuan mutu pendidikan bahasa dan sastra Inggris di Indonesia.

Wabillahi taufiq wal hidayah, wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Terima kasih.



CURRICULUM VITAE

Nama : **Sunardi**
NIP : 197106062003121002
NIDN : 0006067102
Tempat, Tanggal
Lahir : Tanahberu, Bulukumba, Sulawesi
Selatan, 6 Juni 1971
Agama : Islam
Email : sunardi@fkip.unmul.ac.id
No HP : 081347606788
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Pangkat, Gol. : Pembina Utama Muda, IV/C
Jabfung, TMT : Guru Besar, 1 Oktober 2025
ID SINTA : 6032869
ID SCOPUS : 57205717789

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sarjana (S1) Universitas Hasanuddin, Sastra Inggris (Faculty of Letters)
2. Magister (S2) Universitas Hasanuddin, English Language Studies (ELS)
3. Doktor (S3) Universitas Negeri Makassar, Pendidikan Bahasa Inggris (English Language Education)

RIWAYAT PUBLIKASI KARYA ILMIAH

1. 2025. Sunardi, S., Hermagustiana, I., & Rusmawaty, D. Tension Between Theory and Practice in Literature Courses at University-Based Educational Institutions: Strategies and Approaches Journal of Language Teaching and Research, 16(2), 666-675. DOI: 10.17507/jltr.1602.33
2. 2025. Sunardi, S., Rahayu, F.E.S., Rusmawaty, D., Hermagustiana, I., & Sunggingwati, D. A Phenomenological Analysis of the Emotional

- Experiences of Graduate Preservice Student Teachers in Indonesia F1000Research, 12, 505
3. 2025. Nabilah, J., Ping, M.T., Hermagustiana, I., Sunardi, S., & Sunggingwati, D., dkk. From Teaching to Thriving: Exploring the Lived Experiences of English Education Graduates in Non-Teaching Careers Borneo Educational Journal (Borju), 7(1), 158–177
 4. 2024. Sunardi, S., Rusmawaty, D., & Sultan, M. Implementation of Betulungan on Multiethnic Women in Preserving the Haul Tradition in Samarinda, East Kalimantan International Journal of Culture and Art Studies, 8(2), 91–98. DOI: 10.32734/ijcas.v8i2.15860
 5. 2024. Sunardi, S. Mengadopsi Literasi Asesmen Pola Selandia Baru untuk Pendidikan Berkualitas di Kalimantan Timur Nomor Satu Kaltim (media opini)
 6. 2024. Sultan, M., Sunardi, S., Abu, I., & Sutrisno, S. Pelatihan Simulasi Evakuasi Bencana Kebakaran pada Warga Sekitar Fuel Terminal Samarinda Jurnal Pengabdian Masyarakat, 2(2024), 24–28
 7. 2023. Rusnah, R., Darmawan, I.G.N., Sunardi, S., & Hermagustiana, I. Certified Interdisciplinary Teachers' Perception of the Implementation of Teacher Certification Program Borneo Educational Journal (Borju), 5(1), 198–210
 8. 2023. Sunardi, S., Rusmawaty, D., & Hermagustiana, I. An Exploration of EFL Teachers' Perceptions and Experiences of E-Learning Implementation through the Concern-Based Adoption Model Journal of English as a Foreign Language Teaching and Research, 3(1), 31–43. DOI: 10.31098/jefltr.v3i1.1439
 9. 2023. Sunardi, S. The Benefits of Flipped Classroom Model for EFL Learners Journal on Education (JonEdu), 5(4)

- 10.2023. Sultan, M., Rifaidi, M., Nurmawan, T., Sunardi, S., Abu, I., & Sutrisno, S., dkk. Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pemasangan Closed Circuit Television dalam Menjaga Keamanan Lingkungan dan Keselamatan Warga Kota Samarinda GERVASI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat, 7(3), 1048–1056

Publikasi rintisan yang mengawali agenda riset ini adalah Sunardi, Akil, Arafah, & Saliya (2018) "Looking at the Shared Conception of Teaching Literature in an Indonesian ELT Setting" (Journal of Language Teaching and Research, 9(2), 316–327, DOI: 10.17507/jltr.0902.13), bersama Rahayu, Susilo, & Sunardi (2018) "Persuasive Power as Reflected by Rhetorical Styles in Political Speeches" (CaLLs, 4(2), 115–122); keduanya tidak dicantumkan dalam tabel di atas karena berada di luar rentang lima tahun terakhir, namun dirujuk dalam Bagian C naskah ini sebagai titik awal riset.

RIWAYAT PELATIHAN DAN KONFERENSI

1. 1st Educational Sciences International Conference (ESIC) — pemakalah Universitas Mulawarman 2018
2. SISU International Conference on Language Materials Development — pemakalah Shanghai, Tiongkok 2019
3. 2nd Educational Sciences International Conference (ESIC) — pemakalah Universitas Mulawarman 2019
4. Short Course on Research Method The University of Adelaide 2015
5. Short Training on Higher Educational Management The University of Adelaide 2020
6. Short Training on Linguistics Oxford University 2013
7. Short Training on Scholarly Research Writing and Publication Victoria University of Wellington, Selandia Baru 2013
8. Certified Training on Human Capital Management IPB Bogor 2023

9. Certified Training on Quality Assurance (Internal Auditor) IPB Bogor 2023

KEANGGOTAAN ORGANISASI PROFESI

Anggota ASIA-TEFL (The Asia Association of Teaching English as a Foreign Language) sejak tahun 2013 hingga sekarang

RIWAYAT JABATAN DAN PENGABDIAN

1. Dosen Sastra Inggris, ELT, Linguistik Terapan, dan Kewirausahaan, FKIP Universitas Mulawarman 2003–sekarang
2. Sekretaris Program Magister Pendidikan Bahasa Inggris, FKIP Universitas Mulawarman 2010–2016
3. Wakil Dekan II (Perencanaan dan Keuangan), FKIP Universitas Mulawarman 2019–2023
4. Ketua Tim Penyusunan Laporan Capaian Kinerja Dinas Pendidikan Provinsi Kalimantan Timur 2019–2023
5. Koordinator Program Magister Pendidikan Bahasa Inggris, FKIP Universitas Mulawarman 2024–sekarang
6. Koordinator Program Magister Dua Gelar (Split-Site Dual Degree) Dinas Pendidikan Kota Samarinda, Dinas Pendidikan Provinsi Kalimantan Timur, Universitas Mulawarman, dan Australia Awards 2023–sekarang

RIWAYAT HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

1. Introduction to Prose Karya teknologi/seni terdaftar HKI Hak Cipta Nasional EC002024196647
2. Module of Prose Buku Pelajaran Hak Cipta Nasional EC002024196647

Data riwayat hidup pada bagian ini disusun berdasarkan Curriculum Vitae resmi yang diserahkan Prof. Dr. Sunardi, S.S., M.Hum., CIHCM. (Samarinda, 11 Maret 2025). Kolom bertanda [belum tersedia] mohon dilengkapi langsung oleh yang bersangkutan sebelum naskah dicetak.





UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. Eva Marlina, S.Si., M.Si.

MACARANGA SEBAGAI KEKAYAAN HUTAN TROPIS
LEMBAP KALIMANTAN: EKSPLORASI SENYAWA
FLAVONOID SEBAGAI SUMBER BIOAKTIF DAN
RELEVANSINYA BAGI PEMULIHAN LINGKUNGAN

24 September 2026
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. Eva Marlina, S.Si., M.Si.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
SINOPSIS	1
A. Pendahuluan	3
B. Karakteristik Botani Spesies <i>Macaranga</i> Kalimantan yang Dikaji.....	5
C. Eksplorasi dan Karakterisasi Senyawa Flavonoid Genus <i>Macaranga</i> Kalimantan ...	7
D. Bioaktivitas Senyawa Flavonoid <i>Macaranga</i> : Antioksidan, Antiplasmodial, dan Antikanker	11
E. Relevansi Riset <i>Macaranga</i> bagi Reklamasi Lahan Pascatambang Kalimantan Timur .	13
F. Kesimpulan	14
DAFTAR PUSTAKA.....	15
UCAPAN TERIMA KASIH	17
CURRICULUM VITAE.....	28

SINOPSIS

Prof. Dr. Eva Marliana, S.Si., M.Si. Guru Besar Bidang Ilmu Kimia Bahan Alam. Hutan tropis lembap Kalimantan adalah laboratorium alam luar biasa yang menyimpan keanekaragaman hayati. Salah satu kekayaan hayati yang menjadi fokus perjalanan riset kami selama lebih dari satu dekade adalah genus *Macaranga*, yang dikenal oleh masyarakat lokal sebagai tumbuhan "Mahang".

Bersama mitra peneliti, para mahasiswa, serta rekan-rekan dosen dalam kelompok riset bahan alam, kami telah mengeksplorasi tujuh spesies, yaitu *Macaranga tanarius*, *Macaranga hosei*, *Macaranga pearsonii*, *Macaranga lamellata*, *Macaranga beccariana*, *Macaranga hullettii*, dan *Macaranga recurvata*. Dari eksplorasi tersebut, kami telah berhasil mengisolasi sembilan senyawa flavonoid terprenilasi yang semakin memperkaya basis data kimia bahan alam khas Kalimantan.

Senyawa-senyawa ini menunjukkan aktivitas biologis antioksidan, antibakteri, potensi penghambatan terhadap sel kanker serviks, dan antiplasmodial yang merupakan kandidat agen antimalaria. Temuan ini menjadi sangat krusial mengingat malaria masih menjadi salah satu masalah kesehatan tropis yang signifikan di Indonesia. Kajian terhadap *Macaranga lamellata* telah berkembang hingga tahap pengujian farmakologis secara *in vitro*, yang membuktikan potensi sebagai agen antiasma dan antihipertensi.

Hasil riset ini menegaskan bahwa flavonoid *Macaranga* dari tanah Kalimantan tidak hanya berpotensi besar sebagai agen bioaktif untuk aplikasi kesehatan, tetapi juga berkontribusi langsung pada isu lingkungan strategis. Studi komparatif pada *M. tanarius* di lahan pascatambang batu bara dan lahan non-tambang membuktikan efektivitas pemulihan kualitas tanah setelah proses revegetasi. Hal ini

sekaligus mempertegas peran penting tumbuhan *Macaranga* sebagai indikator biologis pemulihan lahan, sebuah kontribusi yang memberi manfaat nyata bagi masyarakat, dunia industri, dan pelestarian lingkungan hutan tropis lembap Kalimantan Timur.

Perjalanan riset panjang ini sejalan dengan Pola Ilmiah Pokok (PIP) Universitas Mulawarman yang bertumpu pada keunggulan hutan tropis lembap. Dari satu genus tumbuhan saja, kita mampu menggali kandidat senyawa bioaktif baru, memahami hubungan struktur dan aktivitas kimianya, sekaligus memberikan solusi konkret bagi pemulihan lingkungan daerah yang kita cintai ini.



A. Pendahuluan

Kalimantan sebagai bagian dari kawasan hutan tropis lembap dunia menyimpan salah satu tingkat keanekaragaman hayati tertinggi, termasuk flora yang berpotensi sebagai sumber senyawa bioaktif. Genus *Macaranga*, yang tumbuh melimpah di hutan Kalimantan, dikenal luas sebagai penghasil senyawa flavonoid dan turunannya dengan struktur kimia yang khas serta beragam aktivitas farmakologis (Magadula, 2014).

Secara taksonomi, *Macaranga* merupakan salah satu genus terbesar dalam famili Euphorbiaceae di kawasan Asia Tenggara, dengan lebih dari 300 spesies yang tersebar mulai dari Filipina, Jepang, hingga Kalimantan (Whitmore, 2008; Magadula, 2014). Berbagai spesies *Macaranga* telah lama dikenal dalam kajian etnobotani sebagai tumbuhan obat tradisional, dan secara kimiawi kaya akan golongan flavonoid dan stilbenoid (Syah dkk., 2009). Meskipun demikian, eksplorasi kimiawi terhadap spesies-spesies yang tumbuh spesifik di hutan Kalimantan masih relatif terbatas dibandingkan kajian terhadap spesies dari kawasan lain.

Macaranga dikenal dengan nama 'mahang'. Tumbuhan *Macaranga* berupa pohon atau perdu dan menyukai tempat yang banyak mendapat sinar matahari. Tumbuhan ini dikenal sebagai tumbuhan pelopor, dan banyak dijumpai pada lahan terbuka atau hutan yang sudah rusak (Slik dkk., 2000). Kajian fitokimia tumbuhan *Macaranga* masih relatif terbatas. Berdasarkan penelusuran literatur, tumbuhan *Macaranga* menghasilkan senyawa fenolik, yakni golongan flavonoid dan stilbenoid, terutama pada bagian daun. Keunikan senyawa golongan flavonoid dan stilbenoid tumbuhan ini yakni terikatnya jenis terpenoid pada inti aromatik, antara lain jenis prenil (C5), geranil (C10), farnesil (C15), dan geranil geranil

(C20). Berdasarkan struktur kimia, kombinasi antara golongan flavonoid dan stilbenoid dengan jenis terpen memberi peluang untuk menemukan senyawa-senyawa baru (Syah dkk., 2009).

Sejalan dengan Pola Ilmiah Pokok (PIP) Universitas Mulawarman yang menempatkan hutan tropis lembap sebagai basis pengembangan ilmu pengetahuan, riset yang dipaparkan dalam orasi ilmiah ini diarahkan untuk menggali potensi kimiawi tumbuhan Kalimantan, khususnya genus *Macaranga*, sebagai sumber senyawa bioaktif baru sekaligus material fungsional yang aplikatif. Perjalanan riset ini dimulai sejak penelitian disertasi doctoral di Universitas Airlangga yang mengungkap hubungan struktur senyawa flavonoid *Macaranga* Kalimantan terhadap aktivitas antioksidan dan antiplasmodial, dan terus berkembang melalui serangkaian penelitian lanjutan bersama mitra peneliti, mahasiswa dan dosen di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, yang tergabung dalam kelompok riset kimia bahan alam.

Setidaknya tiga pertanyaan ilmiah mendasari keseluruhan rangkaian riset ini: pertama, senyawa flavonoid apa sajakah yang terkandung dalam spesies-spesies *Macaranga* Kalimantan yang belum banyak diteliti? Kedua, bagaimana hubungan antara struktur kimia senyawa tersebut dengan aktivitas biologisnya, khususnya sebagai antioksidan, antiplasmodial, dan antikanker? Ketiga, bagaimana potensi hilirisasi senyawa maupun biomassa tumbuhan ini menjadi produk bernilai tambah yang relevan dengan isu lingkungan lokal, seperti reklamasi lahan pascatambang di Kalimantan Timur? Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, orasi ilmiah ini disusun dalam kerangka riset yang mencakup eksplorasi dan karakterisasi senyawa flavonoid genus *Macaranga* Kalimantan, kajian bioaktivitas senyawa yang diperoleh, hilirisasi menuju material fungsional

serta relevansinya bagi isu lingkungan Kalimantan Timur, dan diakhiri arah pengembangan riset ke depan.

B. Karakteristik Botani Spesies *Macaranga* Kalimantan yang Dikaji

Untuk melengkapi konteks taksonomi objek penelitian, berikut disajikan ciri diagnostik, habitat, dan sebaran tujuh spesies *Macaranga* Kalimantan Timur yang menjadi fokus kajian riset ini, mengacu pada kunci identifikasi *Macaranga* dan *Mallotus* Kalimantan Timur (Slik dkk, 2000). Ringkasan karakteristik botani ketujuh spesies tersebut disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Ciri diagnostik, habitat dan ekologi, serta distribusi spesies *Macaranga* Kalimantan yang dikaji

Spesies	Ciri Diagnostik	Habitat & Ekologi	Distribusi
<i>M. beccariana</i>	Pohon hingga 15 m; ranting berongga, sering berlubang semut. Daun peltat, berlekuk dalam 3; permukaan bawah glaukus, gundul.	Hingga 900 m dpl; tempat terbuka (gap) hutan primer dan sekunder, sering di tepi jalan; umumnya dihuni semut.	Endemik Borneo; di Kaltim hanya di bagian utara (Berau).
<i>M. hosei</i>	Pohon hingga 25 m; ranting padat-berongga; stipula tegak, persisten, mengelilingi ranting. Daun cordate dalam-peltat, berlekuk 3.	Dataran rendah; tempat terbuka hutan primer dan sekunder; tanah kering maupun berawa.	Thailand-Semenanjung Malaysia-Borneo; di Kaltim di utara Pegunungan Kapur Sangkulirang
<i>M. hullettii</i>	Pohon kecil hingga 12 m; ranting berongga, beralur melintang, sering berlubang semut. Daun peltat, umumnya tidak	Hingga 1230 m dpl; hutan primer-sekunder ringan, sering di rawa/tepi sungai;	Semenanjung Malaysia, Sumatra, Borneo; di Kaltim tersebar luas.

Spesies	Ciri Diagnostik	Habitat & Ekologi	Distribusi
	berlekuk, jauh lebih panjang dari lebar.	umumnya dihuni semut.	
<i>M. lamellate</i>	Pohon kecil hingga 10 m; ranting berongga, sering berlubang semut. Stipula sangat panjang (hingga 2,5 cm) menyerupai tanduk; buah dengan aril merah cerah.	Dataran rendah, hutan primer; umumnya dihuni semut.	Endemik Borneo; di Kaltim hanya di selatan Sungai Mahakam.
<i>M. pearsonii</i>	Pohon besar hingga 35 m; daun cordate dalam-peltat, berlekuk dalam 3, tepi pangkal daun dengan kelenjar besar mencolok.	Hingga 1200 m dpl; hutan primer terbuka dan sekunder-semak; sering dihuni semut.	Endemik Borneo; tersebar di seluruh Kaltim.
<i>M. recurvata</i>	Pohon hingga 30 m; ranting umumnya padat, gundul. Daun peltat, tidak berlekuk, permukaan bawah glaukus, rapat berkelenjar.	Hingga 500 m dpl; hutan primer (Agathis) dan sekunder, tempat berawa, tanah masam berpasir.	Semenanjung Malaysia dan Borneo; tersebar di seluruh Kaltim.
<i>M. tanarius</i>	Perdu hingga 15 m; ranting padat. Daun peltat, tidak berlekuk, permukaan bawah gundul-berbulu beludru; buah dengan duri kecil melengkung.	Hingga 2100 m dpl; vegetasi sangat terganggu (semak/bekas ladang), tepi jalan atau sungai.	India-Cina selatan hingga Australia-New Guinea; tersebar di seluruh Kaltim.

C. Eksplorasi dan Karakterisasi Senyawa Flavonoid Genus *Macaranga* Kalimantan

Penelitian diawali dengan eksplorasi tumbuhan genus *Macaranga* yang tersebar di berbagai kawasan hutan Kalimantan Timur. Daun dari beberapa spesies, antara lain *M. tanarius*, *M. hosei*, *M. pearsonii*, *M. lamellata*, *M. beccariana* dan *M. recurvata*, diekstraksi secara maserasi menggunakan pelarut metanol, kemudian dilanjutkan dengan fraksinasi dengan kepolaran bertingkat untuk memperoleh fraksi-fraksi yang banyak mengandung senyawa flavonoid.

Pemisahan senyawa dilakukan melalui komatografi kolom vakum, kromatografi kolom gravitasi, dan kromatotron dengan metode elusi *step gradient polarity*, dilanjutkan dengan pengujian pemurnian menggunakan kromatografi lapis tipis. Struktur senyawa hasil isolasi selanjutnya dielusidasi menggunakan kombinasi data spektroskopi UV, IR, NMR (1D dan 2D), serta spektrometri massa.

Secara umum, senyawa flavonoid yang berhasil diisolasi dari genus *Macaranga* Kalimantan dapat dikelompokkan ke dalam beberapa golongan struktural, yaitu flavonoid aglikon sederhana, flavonoid terprenilasi (mengandung gugus geranil atau prenil pada kerangka flavonoidnya), serta senyawa fenolik dan terpenoid pendamping. Keberadaan gugus prenil pada beberapa senyawa diketahui berkontribusi terhadap peningkatan lipofilisitas dan interaksi dengan membran sel, yang pada gilirannya turut memengaruhi profil aktivitas biologisnya.

Dari rangkaian penelitian ini berhasil diisolasi dan dikarakterisasi sembilan senyawa flavonoid terprenilasi dari lima spesies *Macaranga* Kalimantan Timur (*M. tanarius*, *M. pearsonii*, *M. hosei*, *M. recurvata*, dan *M. lamellata*), yaitu 4'-O-metil-8-isoprenilnaringenin (**1**), lonkokarpol A (**2**), 4'-O-metil-8-isoprenileriodiktiol (**3**), 6-isoprenileriodiktiol (**4**),

nimpaeol C (**5**), solofenol D (**6**), nimpaeol A (**7**), nimpaeol B (**8**), dan 8-isoprenil-5,7-dihidroksiflavanon (**9**) yang disajikan pada **Gambar 1** (Marliana dkk., 2015; Marliana dkk., 2016; Marliana dkk., 2018a; Marliana dkk., 2018b; Marliana dkk., 2019;; Tjahjandarie dkk., 2019; Puspita dkk., 2019), di samping senyawa fenolik dan terpenoid dari *M. beccariana* Merr. Temuan ini memperkaya basis data senyawa kimia bahan alam Kalimantan yang belum banyak dilaporkan.



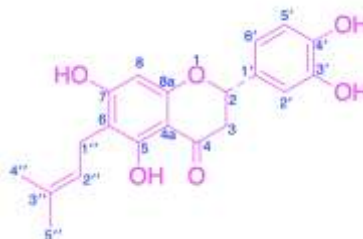
4'-O-metil-8-
isoprenilnaringenin (**1**)



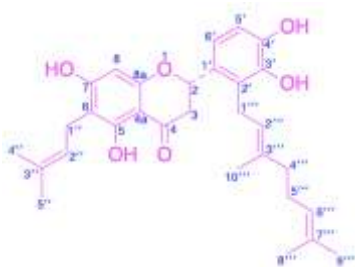
lonkokarpol A (**2**)



4'-O-metil-8-
isoprenileriodiktiol (**3**)



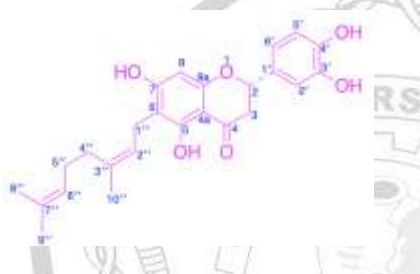
6-isoprenileriodiktiol (**4**)



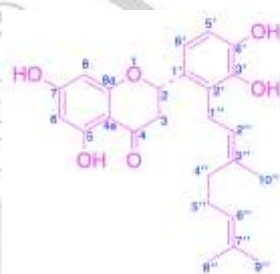
nimpaol C (5)



solofenol D (6)



nimpaol A (7)



nimpaol B (8)



8-isoprenil-5,7-dihidoksiflavanon (9)

Gambar 1. Struktur kimia sembilan senyawa flavonoid terprenilasi hasil isolasi dari *M. tanarius*, *M. pearsonii*, *M. hosei*, *M. recurvata*, dan *M. lamellata*.

Perbandingan profil kimia antarspesies menunjukkan adanya variasi kandungan flavonoid

yang cukup khas. *M. tanarius* yang tumbuh meluas cenderung didominasi oleh flavonoid dengan aktivitas antioksidan kuat (Marliana dkk., 2019). Variasi substitusi prenilasi diduga berkaitan dengan mekanisme pertahanan kimiawi tumbuhan terhadap tekanan lingkungan spesifik habitatnya di hutan Kalimantan. Elusidasi struktur ini menjadi pondasi penting untuk memahami hubungan struktur-aktivitas (*structure-activity relationship*) senyawa flavonoid *Macaranga*, yang menjadi dasar bagi pengujian bioaktivitas pada tahap penelitian berikutnya.

Perluasan objek kajian juga dilakukan pada *M. hullettii*, spesies yang banyak dijumpai di hutan pegunungan dan hutan bekas tebangan di Kalimantan Timur. Skrining fitokimia awal mengonfirmasi kandungan senyawa flavonoid pada daun spesies ini (Marliana dkk., 2025), menjadikannya kandidat baru bagi eksplorasi senyawa bioaktif dari genus *Macaranga* Kalimantan.

Eksplorasi juga menjangkau *M. recurvata*, dimana berhasil diisolasi flaveston K, senyawa stilben terisoprenilasi yang menunjukkan sitotoksitas terhadap tiga lini sel kanker manusia (HeLa, T47D, dan WiDr) (Tjahjandarie dkk., 2019), memperluas cakupan bioaktivitas antikanker dari genus *Macaranga* Kalimantan. Sementara itu, kajian pada *M. lamellata* tidak hanya mencakup isolasi senyawa flavonoid pada fraksi etil asetat daunnya (Puspita dkk., 2019). Orientasi kajian telah berkembang ke pengujian aktivitas farmakologis secara *in vitro* menggunakan metode *bioassay isolated organ*, yang membuktikan potensi ekstrak daunnya sebagai agen anti asma melalui respons trakeospasmolitik (Afandi dkk., 2022) serta agen anti hipertensi lewat efek vasodilatasi dari ekstrak metanolnya (Amalia dkk., 2021). di samping aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus sobrinus* dan *Salmonella typhi* (Ramadhani dkk., 2019).

D. Bioaktivitas Senyawa Flavonoid *Macaranga*: Antioksidan, Antiplasmodial, dan Antikanker

Senyawa flavonoid hasil isolasi selanjutnya diuji aktivitas biologisnya, terutama sebagai antioksidan menggunakan metode peredaman radikal bebas DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*). Hasil penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa senyawa flavonoid dari daun genus *Macaranga* terutama *M. tanarius* memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan (Marliana dkk., 2019a), sejalan dengan tingginya kandungan gugus hidroksil pada struktur flavonoidnya.

Secara mekanistik, aktivitas antioksidan senyawa flavonoid ini diduga berlangsung melalui donasi atom hidrogen (*hydrogen atom transfer*) maupun transfer elektron tunggal (*single electron transfer*) dari gugus hidroksil pada cincin aromatik kepada radikal bebas, sehingga menstabilkan radikal tersebut dan menghentikan reaksi berantai oksidatif. Posisi dan jumlah gugus hidroksil, serta ada tidaknya substitusi prenilasi, turut memengaruhi kekuatan aktivitas antioksidan yang teramati.

Selain aktivitas antioksidan, uji antiplasmodial terhadap parasit *Plasmodium falciparum* penyebab malaria menunjukkan bahwa beberapa senyawa flavonoid *Macaranga* memiliki potensi sebagai kandidat agen antimalaria (Marliana dkk., 2018b), sebuah temuan yang relevan mengingat malaria masih menjadi salah satu tantangan kesehatan tropis di Indonesia. Kajian juga diperluas pada aktivitas antibakteri ekstrak dan fraksi daun *M. hullettii* secara in vitro dan in silico terhadap bakteri patogen penyebab penyakit tropis, yaitu *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, dan *Propionibacterium acnes*, dengan potensi ditinjau dari nilai *Minimum Inhibitory Concentration*

(MIC) dan aktivitas antioksidannya dari nilai *Inhibitory Concentration* 50% (IC₅₀) (Marliana dkk., 2025).

Riset juga diperluas pada pengujian aktivitas antikanker, di antaranya kajian komposisi kimia dan aktivitas antikanker ekstrak daun *M. hosei* (Marliana dkk., 2018a), serta pengembangan ekstrak semipolar daun *M. hosei* sebagai kandidat antikanker serviks. Uji toksisitas akut turut dilakukan untuk memastikan profil keamanan ekstrak sebelum dikembangkan lebih lanjut.

Aktivitas antikanker senyawa flavonoid *Macaranga* secara umum diduga berkaitan dengan kemampuannya menginduksi apoptosis sel kanker dan menghambat proliferasi sel yang tidak terkendali, meskipun mekanisme molekuler secara rinci masih memerlukan kajian lebih lanjut pada level seluler dan molekuler. Dibandingkan dengan kontrol positif yang umum digunakan, sejumlah ekstrak dan senyawa flavonoid *Macaranga* menunjukkan potensi penghambatan yang kompetitif, menjadikannya kandidat yang menjanjikan untuk pengembangan agen antikanker berbasis bahan alam.

Rangkaian hasil ini menegaskan bahwa flavonoid *Macaranga* Kalimantan bukan sekadar objek eksplorasi kimia struktural, melainkan juga kandidat potensial bagi pengembangan agen bioaktif berbasis bahan alam untuk aplikasi kesehatan di masa depan. Adapun ringkasan kandungan senyawa dan aktivitas biologis dari tujuh spesies *Macaranga* Kalimantan yang telah dikaji disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Ringkasan kandungan senyawa dan aktivitas biologis spesies *Macaranga* Kalimantan

Spesies	Kandungan Senyawa Metabolit Sekunder	Aktivitas Biologis	Referensi
<i>M. tanarius</i> ,	Flavonoid terprenilasi	Antioksidan, Antiplasmodial	Marliana dkk., 2019. Marliana dkk., 2018b.
<i>M. pearsonii</i>	Flavonoid terprenilasi	Antioksidan	Marliana dkk., 2016.
<i>M. hosei</i>	Flavonoid terprenilasi	Antikanker (sel HeLa)	Marliana dkk., 2018a.
<i>M. lamellata</i>	Flavonoid	Trakeospasmodik, vasodilatasi, antibakteri (<i>S. sobrinus</i> , <i>S. typhi</i>)	Afandi dkk., 2022. Amalia dkk., 2021. Ramadhani dkk., 2019.
<i>M. hullettii</i>	Flavonoid	Antibakteri (<i>S. aureus</i> , <i>S. mutans</i> , <i>P. acnes</i>)	Marliana dkk., 2025.
<i>M. recurvata</i>	Flaveston K (stilben terisoprenilasi)	Sitotoksik (sel HeLa, T47D, WiDr)	Tjahjandarie dkk., 2019.
<i>M. beccariana</i>	Senyawa fenolik	Antioksidan, antiplasmodial	Marliana dkk., 2018c.

E. Relevansi Riset *Macaranga* bagi Reklamasi Lahan Pascatambang Kalimantan Timur

Selain menjadi objek eksplorasi senyawa bioaktif, riset flavonoid *Macaranga* juga memberi kontribusi pada isu lingkungan strategis di Kalimantan Timur, khususnya reklamasi lahan pascatambang batubara.

Riset terbaru menyentuh isu strategis reklamasi lahan pascatambang batubara di Kalimantan Timur, melalui kajian toksisitas akut, kandungan metabolit sekunder, dan aktivitas antioksidan *Macaranga tanarius* yang tumbuh di lahan pascatambang dibandingkan area non-tambang (Fikriah dkk., 2024).

Hasil kajian ini mengonfirmasi indikasi pemulihan tanah pascatambang setelah revegetasi, sekaligus menegaskan peran tumbuhan *Macaranga* sebagai indikator biologis pemulihan lahan.

Temuan ini memperlihatkan bahwa riset kimia bahan alam flavonoid *Macaranga* tidak hanya bernilai ilmiah dalam eksplorasi senyawa bioaktif, tetapi juga relevan secara praktis bagi upaya pemulihan lingkungan hutan tropis lembap Kalimantan Timur.

F. Kesimpulan

Perjalanan riset selama lebih dari satu dekade ini menegaskan bahwa hutan tropis lembap Kalimantan merupakan laboratorium alam yang kaya akan senyawa flavonoid bernilai ilmiah tinggi, khususnya dari genus *Macaranga*, dengan potensi aktivitas antioksidan, antiplasmodial, dan antikanker yang telah dibuktikan secara ilmiah. Kontribusi riset ini bagi kajian reklamasi lahan pascatambang turut memperlihatkan bahwa penelitian kimia bahan alam dapat memberi manfaat luas, mulai dari kesehatan hingga pemulihan lingkungan.

Ke depan, riset ini akan terus dikembangkan secara bertahap menuju uji praklinis senyawa flavonoid terpilih, perluasan kajian reklamasi lahan pada area pascatambang lain di Kalimantan Timur, serta perluasan kajian pada spesies tumbuhan Kalimantan lain yang belum tergali, sebagai wujud komitmen berkelanjutan terhadap Pola Ilmiah Pokok (PIP) Universitas Mulawarman. Dengan demikian, kontribusi riset ini diharapkan tidak hanya memperkaya khazanah ilmu kimia bahan alam Indonesia, tetapi juga memberi manfaat nyata bagi masyarakat, industri, dan pelestarian lingkungan hutan tropis lembap Kalimantan Timur untuk generasi mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Magadula, J.J. (2014). Phytochemistry and pharmacology of the genus *Macaranga*: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 8(12), 489–503.
- Marliana, E.; Tjahjandarie, T.S.; and Tanjung, M. (2015). Isoprenylated Flavanone Derivatives from *Macaranga hosei* King ex Hook.F. *Der Pharmacia Lettre*, 7(3), 153–156.
- Marliana, E.; Tjahjandarie, T.S.; dan Tanjung, M.. (2016). Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Flavonoid Terprenilasi dari Tumbuhan *Macaranga pearsonii* Merr. *Endemik Kalimantan yang Berpotensi sebagai Antioksidan dan Antimalaria*. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(2): 97–100.
- Marliana, E.; Astuti, W.; Kosala, K.; Hairani, R.; Tjahjandarie, T.S.; and Tanjung, M. (2018a). Chemical composition and anticancer activity of *Macaranga hosei* leaves. *Asian Journal of Chemistry*, 30(4), 795–798.
- Marliana, E.; Hairani, R.; Tjahjandarie, T.S.; and Tanjung, M. (2018b). Antiplasmodial Activity of Flavonoids from *Macaranga tanarius* Leaves. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 144, 012011.
- Marliana, E.; Saleh, C.; Hendra, M. (2018c). Aktivitas Antioksidan Dan Antimalaria Senyawa Fenolik Dari Daun *Macaranga beccariana* Merr. *Jurnal Kimia Mulawarman* 15(2): 106–110.
- Marliana, E., Ruga, R., Hairani, R., Tjahjandarie, T. S., & Tanjung, M. (2019a). Antioxidant activity of flavonoid constituents from the leaves of *Macaranga tanarius*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1277, 012014.
- Marliana, E.; Tjahjandarie, T.S.; dan Tanjung, M. (2019b). Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Flavonoid Terprenilasi dari Tumbuhan *Macaranga pearsonii* Merr. *Endemik Kalimantan yang Berpotensi sebagai Antioksidan dan Antimalaria*. *Jurnal Kimia Mulawarman*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Mulawarman
- Puspita, S.I.; Marliana, E.; dan Daniel. (2019). Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Flavonoid pada Fraksi Etil Asetat Daun *Macaranga lamellata* Whitmore. *Jurnal Atomik*, 4(1), 1–5.
- Ramadhani, R.V.; Marliana, E.; dan Erwin. (2019). Uji Fitokimia dan Antibakteri Ekstrak Metanol Daun *Macaranga lamellata* Whitmore. *Jurnal Atomik*, 4(2), 86–89.
- Amalia, E.; Astuti, W.; dan Marliana, E. (2021). Respon Vasodilatasi Ekstrak Metanol Daun *Macaranga lamellata* Whitmore secara In Vitro. *Jurnal Atomik*, 6(2), 90–93.
- Afandi, I.; Astuti, W.; dan Marliana, E. (2022). Respon Trakeospasmodik Ekstrak Metanol Daun *Macaranga*

- lamellata* Whitmore secara In Vitro. Jurnal Atomik, 7(1), 6–10.
- Marliana, E.; Danova, A.; Hairani, R.; Ruga, R.; Hermawati, E.; and Yulvia, A. (2025). In vitro Evaluation and Molecular Docking Study of the Antibacterial Potential of *Macaranga hullettii* King ex Hook.f. Leaf Extract. Tropical Journal of Natural Product Research, 9(7), 3050–3057.
- Fikriah, I.; Masruhin, M.A.; Paramita, S.; Marliana, E.; Panggabean, A.S.; Ismail, S.; Kusuma, I.W.; Kim, Y.; and Kim, S. (2024). Acute toxicity, secondary metabolites, and antioxidant activity of *Macaranga tanarius* from post-coal mining and non-mining areas in East Kalimantan, Indonesia. Narra Journal, 4(2), e791.
- Slik, J.W.F.; Priyono; and van Welzen, P. C. (2000). Key to the Macaranga and Mallotus species (Euphorbiaceae) of East Kalimantan, Indonesia. The Gardens' Bulletin Singapore, 52, 11–87.
- Syah, Y.M.; Hakim, E.H.; Achmad, S.A.; Hanafi, M.; and Ghisalberti, E.L. (2009). Isoprenylated Flavanones and Dihydrochalcones from *Macaranga trichocarpa*. Natural Product Communications, 4(1), 63–67.
- Tjahjandarie, T.S.; Tanjung, M.; Saputri, R.D.; Nadar, P.B.; Aldin, M.F.; Marliana, E.; and Permadi, A. (2019). Flavestin K, An Isoprenylated Stilbene from the Leaves of *Macaranga recurvata* Gage. Natural Product Sciences, 25(3), 244–247.
- Whitmore, T. C. (2008). The Genus Macaranga: A Prodrum. Royal Botanic Gardens, Kew.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Robbil ‘Alamiin...

Segala puji dan syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta’ala, Tuhan Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas limpahan rahmat, taufiq, hidayah, dan karunia-Nya, kita dapat hadir bersama dalam suasana yang penuh kebahagiaan, kehormatan, dan keberkahan pada momentum akademik yang sangat istimewa ini.

Pencapaian jabatan akademik sebagai Guru Besar bukanlah semata-mata keberhasilan individual. Di balik capaian ini terdapat rangkaian panjang proses akademik yang dibangun melalui pendidikan, penelitian, pengabdian, kolaborasi, serta dukungan dari berbagai pihak. Capaian ini merupakan buah dari ekosistem keilmuan yang memungkinkan saya untuk terus belajar, berkarya, dan mengabdikan. Tanpa izin dan ridha Allah SWT, serta doa, bimbingan, dan pengorbanan dari orang-orang yang senantiasa membersamai perjalanan ini, pencapaian ini tentu tidak akan bermakna.

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, teladan utama umat manusia. Semoga kita termasuk golongannya yang memperoleh syafaat di hari akhir kelak. *Aamiin ya Rabbal ‘alamin.*

Salah satu anugerah terbesar dalam kehidupan akademik adalah kesempatan untuk mengembangkan pengetahuan, mendidik generasi penerus, dan mengabdikan ilmu bagi kemaslahatan masyarakat. Bagi saya, jabatan Guru Besar bukan sekadar puncak karier, melainkan amanah intelektual, moral, dan sosial. Jabatan ini menuntut tanggung jawab yang lebih besar untuk menjaga integritas, membangun tradisi ilmiah, serta memastikan bahwa ilmu yang dikembangkan memberikan kontribusi nyata.

Amanah ini tentu tidak mungkin saya raih seorang diri. Saya sangat bersyukur berada di lingkungan akademik yang senantiasa memberikan ruang untuk bertumbuh dan berkolaborasi. Oleh karena itu, pada kesempatan yang sangat berharga ini, izinkan saya menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada seluruh pihak yang telah memberikan doa, bimbingan, motivasi, dan dukungan dalam setiap tahapan perjalanan akademik saya.

Terimakasih dan penghargaan kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas kepercayaan yang diberikan berupa jabatan Guru Besar bidang Ilmu Kimia Bahan Alam terhitung mulai 1 Desember 2025.

Bagi saya, pengangkatan ini bukan sekadar pengakuan atas capaian akademik, melainkan amanah untuk meningkatkan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, memperkuat kualitas pendidikan tinggi, serta menghasilkan penelitian dan inovasi yang bermanfaat bagi masyarakat, bangsa, dan kemanusiaan.

Penghargaan dan terima kasih yang tulus, saya sampaikan kepada Rektor Universitas Mulawarman, Prof. Dr. Ir. H. Abdunnur, M.Si., IPU., ASEAN Eng, Prof. Dr. Lambang Subagiyo, M.Si. selaku Wakil Rektor Bidang Akademik, Prof. Ir. Sukartiningsih, M.Sc., Ph.D., IPU selaku Wakil Rektor Bidang Sumber Daya Manusia, Umum, dan Keuangan, Prof. Dr. H. Moh. Bahzar, M.Si. selaku Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan dan Alumni, dan Dr. Ir. Nataniel Dengen, S.Si., M.Si. selaku Wakil Rektor Bidang Perencanaan, Kerjasama, dan Informasi. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Ketua Senat Universitas Mulawarman, Prof. Ir. Haviluddin, S.Kom., M.Kom., Ph.D., IPM, beserta Bapak/Ibu anggota senat

Universitas Mulawarman. Terimakasih kepada Ketua LP2M, Prof. Widi Sunaryo, S.P., M.Si., Ph.D. atas bantuan dan dukungannya sehingga terlaksananya pengukuhan ini dengan lancar.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Dekan Fakultas MIPA, Prof. Dr. Dra. Hj. Ratna Kusuma, M.Si. Dr. Dadan Hamdani, S.Si., M.Si. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik, Prof. Dr. Soerja Koesnarpadi, S.Si., M.Si. selaku Wakil Dekan Bidang Keuangan dan Umum dan Prof. Dr. Darnah, S.Si., M.Si. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan, Alumni dan Kerjasama. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Sekretaris Senat, Drs. Sus Tri Mukti, MP., beserta Bapak/Ibu Anggota Senat FMIPA Universitas Mulawarman. Ketua dan Sekretaris Jurusan, serta Koordinator Program Studi, di lingkungan FMIPA Universitas Mulawarman, yang telah memberikan dukungan sehingga seluruh proses menuju pengangkatan saya sebagai Guru Besar dapat berlangsung dengan baik.

Terima kasih terkhusus kepada Ketua dan Sekretaris Jurusan Kimia, Dr. Noor Hindryawati, M.Si. dan Prof. Dr Subur P. Pasaribu, M.Si., Bapak/Ibu Dosen Program Studi Kimia, Laboran, serta Tenaga Kependidikan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Mulawarman, atas dukungan dan doanya sehingga saya sampai pada capaian ini.

Kepada seluruh kolega beserta seluruh staf dan tenaga kependidikan, di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam maupun di fakultas-fakultas lain di lingkungan Universitas Mulawarman, saya menyampaikan terima kasih atas kerja sama, persahabatan, dialog akademik, dukungan, dan kebersamaan yang telah terbangun selama ini.

Pada kesempatan ini, penghargaan khusus saya sampaikan kepada para pembimbing yang telah memberikan pondasi penting dalam perjalanan

akademik saya. Kepada almarhum Prof. Dr. H. Sanusi Ibrahim, MS., Prof. Dr. H. Yunazar Manjang, MS., dan almarhum Dasman, M.Si. yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana dan Magister di FMIPA Universitas Andalas Padang.

Rasa hormat dan terima kasih saya persembahkan kepada pembimbing disertasi saya selama menempuh pendidikan doktoral di FST Universitas Airlangga, Prof. Dr. Mulyadi Tanjung, M.S. dan Prof. Tjitjik Srie Tjahjandarie, Ph.D. yang memperkuat pondasi keilmuan, kepakaran, dan keteladanan akademik, yang menjadi pilar utama sebagai Guru Besar.

Dalam tradisi akademik, seorang ilmuwan tidak pernah lahir dari ruang yang kosong. Ia tumbuh melalui proses transmisi pengetahuan, pembentukan karakter ilmiah, keteladanan, dialog intelektual, serta interaksi akademik dengan para guru dan pembimbingnya. Karena itu, sebagian dari mereka tidak hanya menjadi pembimbing dalam perjalanan akademik, tetapi juga telah menjadi figur orang tua, mentor, dan panutan yang memberikan warna dalam perjalanan kehidupan dan keilmuan saya. Hubungan baik, persaudaraan, dan kolaborasi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan penelitian yang hingga kini tetap terjaga merupakan anugerah yang sangat saya syukuri.

Kepada seluruh reviewer yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pemikiran untuk menelaah karya-karya ilmiah saya sebagai bagian dari proses pengusulan Guru Besar, saya menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya. Dalam kehidupan akademik, kritik, koreksi, dan masukan bukanlah bentuk penolakan terhadap sebuah karya, melainkan bagian fundamental dari mekanisme penjaminan mutu keilmuan. Oleh sebab itu, setiap catatan, kritik, dan saran yang diberikan

oleh para reviewer saya pandang sebagai bagian penting dari proses pembelajaran akademik yang telah membantu saya melakukan refleksi, memperbaiki kualitas karya, serta terus mengembangkan kapasitas keilmuan.

Hormat dan penghargaan setinggi-tingginya saya sampaikan kepada seluruh guru saya, mulai SD Mardisiwi II Padang, SMP Negeri 9 Padang, SMA Negeri 1 Padang, hingga para dosen yang telah mendidik saya pada jenjang S1 dan S2 di Universitas Andalas Padang, serta para dosen pada jenjang S3 di Universitas Airlangga Surabaya. Perjalanan pendidikan yang panjang tersebut merupakan rangkaian proses pembentukan intelektual dan karakter yang tidak mungkin saya lupakan. Setiap pengetahuan yang diajarkan, setiap nasihat yang diberikan, setiap pertanyaan yang diajukan, serta setiap keteladanan yang ditunjukkan oleh para guru telah menjadi bagian dari pondasi yang membentuk cara saya memandang ilmu pengetahuan dan kehidupan. Bagi saya, pendidikan bukan hanya proses memperoleh pengetahuan, melainkan proses membangun cara berpikir, integritas, tanggung jawab, sikap ilmiah, dan kepedulian terhadap sesama. Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas segala jasa dan ketulusan para guru saya dengan pahala yang berlipat ganda dan menjadikan ilmu yang telah mereka ajarkan sebagai amal jariyah yang terus memberikan manfaat.

Kepada tim penelitian Dr. dr. Sjarif ismail, M.Kes, Rita Hairani, Ph.D., Ade Danova, Ph.D, Yunie Syafitri, S.Si. serta para mahasiswa dan alumni, terima kasih atas semangat, dinamika, kreativitas, dan kerja sama yang telah kita bangun dalam proses pembelajaran. Mari bersama-sama mengembangkan keilmuan Kimia Organik, khususnya dalam pemanfaatan sumber daya alam Indonesia, sehingga hasil penelitian tidak berhenti pada publikasi ilmiah, tetapi dapat dikembangkan menjadi inovasi yang memberikan nilai

tambah ekonomi, manfaat ekologis, dan dampak sosial bagi masyarakat.

Ilmu berkembang melalui dialog, kolaborasi, keterbukaan, pertukaran gagasan, dan keberanian untuk bekerja lintas disiplin serta lintas institusi. Lebih jauh lagi, ilmu pengetahuan memperoleh maknanya ketika hasilnya dapat ditransformasikan menjadi solusi dan diabdikan untuk meningkatkan kualitas kehidupan manusia. Perjalanan akademik ini tentu tidak lengkap tanpa menyebut keluarga besar alumni dan sahabat-sahabat yang telah hadir dalam berbagai fase kehidupan saya.

Pada momentum yang sangat istimewa ini, izinkan saya memberikan Penghormatan kepada kedua orang tua, Ayahanda H. Bujahir dan Ibunda almarhumah Ibu Hj. Rohana. Terimakasih atas kasih sayang, bimbingan, doa dan pengorbanan yang tak pernah putus, Pencapaian ini buah dari Ridho Alloh SWT serta Ridho Ayah dan Ibu.

Bapak dan Ibu adalah guru pertama dalam kehidupan saya. Dari merekalah saya belajar tentang kerja keras, kesabaran, keikhlasan, keteguhan, tanggung jawab, dan arti sebuah perjuangan. Tidak ada ukuran yang memadai untuk membalas pengorbanan orang tua. Apa yang saya capai hari ini tidak pernah dapat dipisahkan dari doa, kasih sayang, pendidikan, dan perjuangan mereka. Untuk Ibu tercinta, almarhumah Hj. Rohana, yang telah meninggalkan kami, doa terbaik senantiasa kami panjatkan, terima kasih atas segala yang telah Ibu berikan. Senyum, belaian tangan, canda tawa, tutur kata, keikhlasan, pengorbanan, dan kasih sayang Ibu akan selalu menjadi bagian dari memori kehidupan saya. Meskipun secara fisik Ibu telah tiada, nilai-nilai kehidupan yang Ibu tanamkan tetap hidup dalam diri saya. Ibu telah melahirkan, membesarkan, mendidik, dan mengiringi perjalanan hidup saya dengan doa yang

tidak pernah terputus. Kegigihan, kesabaran, dan kerja keras Ibu menjadi salah satu pondasi yang menguatkan langkah saya hingga dapat berdiri di tempat terhormat ini. Pada hari ketika saya menerima amanah sebagai Guru Besar, ada satu kerinduan yang sangat dalam: seandainya Ibu masih berada di sini, betapa ingin saya melihat senyum Ibu dan memeluk Ibu. Namun, saya meyakini bahwa kasih sayang tidak berakhir karena kematian. Kasih sayang justru menjadi doa yang terus kita kirimkan kepada mereka yang telah mendahului kita. Karena itu, saya menitipkan seluruh kerinduan ini kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala. Ya Allah, ampunilah Ibu saya, rahmatilah beliau, lapangkanlah tempat peristirahatan beliau, muliakanlah kedudukannya, dan tempatkanlah beliau di tempat terbaik di sisi-Mu. Sayangilah beliau sebagaimana beliau telah menyayangi saya sejak kecil. Doa yang sama saya panjatkan untuk Bapak. Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala senantiasa memberikan kesehatan, keberkahan, perlindungan, ketenteraman, dan kebahagiaan kepada beliau. Aamiin ya Rabbal 'alamin.

Terima kasih kepada keempat saudara saya, Rahman Asywara, SE., Budi Hartono, Zulhemi Arifin, dan Kapten Laut (K) dr. Ahmad Afdal, Sp.N. yang selalu berjuang dengan keterbatasan sehingga bisa keluar menjadi pribadi-pribadi yang hebat dan memberikan dukungan tiada henti kepada saya.

Terima kasih pula kepada almarhum Bapak mertua H. Chadori dan Ibu mertua Hj. Choiriyatun, serta seluruh keluarga besar yang senantiasa menjadi bagian penting dukungan keluarga dan memberikan kekuatan melalui persaudaraan yang tulus: Kodrik Hariyadi, Hj. Umi Hadiyah Dewi Wulandari, S.Pd.SD, Hamzah Ahmad Sudono, A.Md. dan Nur Diene Rismawati, S.Pd.SD.

Kepada para keponakan tersayang, Izatul Hafizah, M.Si., Muhammad Alfarizy, S.Tr. Log., Raihan Muhammad Marviano, S.Psi. Fajri Ramadhan Marviano, M.Si., Muhammad Ikhwan, S.Sos., Nasywa Rozmi Amirul Mumtaz, S.Ked., Raja Suhada Marviano, Azzahra Islami Marviano, Anisa Rahmah, Muhammad Ainun Najib, Amina Nursaida, Azzam Fathy Robbani, Azima Fatyha Khairani, Naufal, Kaka, Mahira, Bagus, Daffa, Faiq, Nafis, dan seluruh keluarga besar yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, terima kasih telah menjadi bagian dari kebahagiaan dan dinamika keluarga kita.

Pada kesempatan yang penuh kebahagiaan ini, izinkan saya menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang paling khusus kepada suami tercinta, Mohammad Makmun Qomar, M.Pd. Beliau bukan hanya pendamping hidup, tetapi juga sahabat, motivator, tempat berbagi gagasan dan pengalaman, sekaligus sumber kekuatan dalam perjalanan saya sebagai dosen dan peneliti. Perjalanan menyelesaikan studi Doktoral di Universitas Airlangga Surabaya bukanlah perjalanan yang sederhana. Terima kasih atas dukungan, pengertian, kesetiaan, kerja sama, keridhaan, dan doa yang senantiasa diberikan untuk kelancaran studi dan perjalanan karier saya. Hari ini saya semakin menyadari bahwa pencapaian ini bukan semata-mata pencapaian saya seorang. Ini adalah pencapaian kita. Semoga perjalanan pengabdian kita sebagai pendidik menjadi jalan untuk terus memberikan manfaat, menebarkan kebaikan, membangun generasi, dan menghadirkan keberkahan bagi keluarga, masyarakat, bangsa, dan agama.

Kepada putra-putri kami tercinta, Adzkia Asyqova Aulia, S.Pd. dan Syafiq Azka Muqova, kalian adalah salah satu sumber energi, motivasi, dan inspirasi terbesar dalam kehidupan saya. Kehadiran kalian menjadikan perjalanan kehidupan ini semakin lengkap dan bermakna. Terima kasih atas pengertian,

dukungan, semangat, dan doa yang kalian berikan. Teruslah belajar dan jangan pernah merasa telah cukup dengan ilmu yang telah diperoleh. Ilmu Allah Subhanahu wa Ta'ala begitu luas, sedangkan kemampuan manusia untuk mengetahuinya senantiasa terbatas. Karena itu, jadikanlah belajar sebagai proses sepanjang hayat. Semoga Allah senantiasa memberikan kemudahan dalam setiap langkah kalian, menjadikan kalian anak-anak yang sholeh dan sholehah, berilmu, berakhlak mulia, serta mampu memberikan manfaat bagi agama, umat, masyarakat, nusa, dan bangsa. Semoga kalian tumbuh menjadi generasi yang mencintai ilmu, menghormati orang tua, menyayangi sesama, menjunjung tinggi integritas, dan senantiasa berusaha memberikan kontribusi terbaik bagi kehidupan.

Kepada keluarga Bapak dr. H. Syafardi Ibrahim, Sp. OG. Keluarga Bapak Setyo Hari Laksono, Keluarga Almarhum Bapak H. Purnomo. Terimakasih telah menjadi Ayah, Ibu, dan saudara saya di tanah rantau. Terimakasih atas kebaikan, nasehat, kasih sayangnya.

Penghormatan kepada Almarhum Mayjen TNI (Purn.) Drs. H. Kurdi Mustofa, M.M. Beliau merupakan sosok yang banyak memberikan ilmu, pondasi keagamaan, motivasi, kedisiplinan, semangat untuk bergerak, serta dorongan untuk senantiasa fokus dalam mencapai cita-cita. Beliau tidak hanya menyampaikan nasihat, tetapi juga menghadirkan keteladanan melalui sikap, tindakan, dan perjalanan kehidupannya. Pada masa pertumbuhan pribadi saya, ketika saya tinggal di lingkungan Asrama TNI-AD Terendam Padang, beliau turut memberikan pengaruh yang kuat dalam pembentukan karakter saya, terutama dalam hal kedisiplinan, kepercayaan diri, keberanian berkomunikasi, serta kemampuan menyampaikan gagasan di hadapan orang lain. Semoga segala jasa, keteladanan, dan kebaikan beliau menjadi amal yang terus memberikan manfaat dan

menjadi cahaya di alam barzah. Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala memberikan tempat terbaik di akhirat kelak.

Izinkan saya menyampaikan satu pengalaman sederhana yang memiliki makna khusus dalam perjalanan studi saya di Surabaya. Perjalanan dari rumah mertua di sekitar Papar, Kediri, melalui Kertosono menuju Surabaya, ataupun sebaliknya, hampir selalu kami tempuh dengan kereta api. Perjalanan tersebut memberikan pengalaman yang sederhana, tetapi memiliki nilai reflektif yang mendalam. Di dalam kereta, kami selalu bertemu dengan penumpang yang beragam. Suasananya penuh kekeluargaan, berbagi cerita, berbagi makanan, saling memperhatikan, bahkan membantu ketika ada sesama penumpang yang mengalami kesulitan.

Hal yang paling mengesankan bagi saya adalah bahwa suasana kebersamaan tersebut tidak mengenal strata sosial. Di dalam ruang kereta, setiap orang hadir sebagai manusia yang memiliki martabat yang sama. Pengalaman sederhana itu memberikan pelajaran bahwa kebersamaan, solidaritas, kepedulian, dan nilai-nilai kemanusiaan dapat tumbuh dari ruang-ruang kehidupan yang sederhana. Kereta api juga menjadi pilihan utama selama saya menempuh studi doktoral karena tarifnya relatif terjangkau, perjalanan aman dan nyaman, serta lokasi Stasiun Gubeng yang dekat dengan Kampus Universitas Airlangga. Karena itu, izinkan saya menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada PT Kereta Api Indonesia, khususnya Daop 7 Madiun dan Daop 8 Surabaya, yang secara tidak langsung telah menjadi bagian dari perjalanan pendidikan dan kehidupan saya selama menempuh studi di Surabaya.

Pada akhirnya, dengan penuh ketundukan, rasa syukur, dan keyakinan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala, saya memanjatkan doa: Ya Allah, luruskanlah

niat kami, berikanlah kepada kami ilmu yang bermanfaat, hati yang ikhlas, pikiran yang jernih, kekuatan untuk mengabdikan, serta keberanian untuk senantiasa berada di jalan kebenaran. Jadikanlah amanah sebagai Guru Besar ini bukan sebagai sumber kebanggaan pribadi, melainkan sebagai sarana untuk semakin mendekatkan diri kepada-Mu dan semakin luas memberikan manfaat kepada sesama. Berikanlah kekuatan kepada saya untuk menjalankan tugas sebagai pendidik, peneliti, dan pengabdian ilmu dengan penuh integritas, profesionalisme, tanggung jawab, dan keikhlasan. Semoga setiap ilmu yang saya pelajari, setiap penelitian yang saya lakukan, setiap mahasiswa yang saya bimbing, setiap karya yang saya hasilkan, dan setiap pengabdian yang saya laksanakan dapat memberikan manfaat dan menjadi amal jariyah serta bekal kebaikan ketika kelak saya menghadap kepada-Mu. *“Robbana hablana min ladunka rahmatan wa hayyi’ lana min amrina rasyada.”* Ya Allah, limpahkanlah rahmat dan keberkahan kepada kedua orang tua kami, keluarga kami, guru-guru kami, para pembimbing kami, sahabat-sahabat kami, kolega kami, mahasiswa kami, serta seluruh orang yang telah memberikan kebaikan dalam perjalanan hidup kami. Semoga Allah Subhanahu wa Ta’ala senantiasa memberikan rahmat, keberkahan, kesehatan, keselamatan, dan kemudahan kepada kita semua. Aamiin.

CURRICULUM VITAE

Nama : **Eva Marlina**
NIP : 197503022000122001
NIDN : 0002037501
Tempat, Tanggal
Lahir : Padang, 2 Maret 1975
Agama : Islam
Email : evakia@fmipa.unmul.ac.id
No HP : 08125313454
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam
Pangkat, Gol. : Pembina Utama Madya /IV d
Jabfung, TMT : Guru Besar / 1 Desember 2025
TMT Golongan : 1 Juli 2026
ID SINTA : 5983252
ID SCOPUS : 56604300700

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sarjana (S1) : Kimia FMIPA Universitas
Andalas
2. Magister (S2) : Kimia Organik FMIPA
Universitas Andalas
3. Doktor (S3) : Kimia Organik FST Universitas
Airlangga

RIWAYAT PENELITIAN

1. Studi Aktivitas Antioksidan dan Anti- α -Glukosidase Ekstrak Batang *Uncaria callophylla* Blume ex Korth. dari Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur (2025, Anggota).
2. Potensi Ekstrak Diklorometana dari Rimpang Temu Kunci (*Boesenbergia rotunda* L.) Sebagai Antibakteri, Antioksidan dan Anti-tirosinase (2024, Anggota).
3. Pembuatan material komposit berbasis limbah cangkang telur (CT) dan Titanium Dioksida (TiO_2) sebagai Adsorben untuk Pemurnian Air (2024, Anggota).

4. Imobilisasi Asam Fulvat Pada Fe_3O_4 -Nanopartikel Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Selektif Logam Berat Dan Zat Warna Dari Limbah Cair Tenun Samarinda (2021, Anggota).
5. *Hybrid* Ekstrak Meniran ((*Phyllanthus niruri* Linn.) dengan Komposit TiO_2 -Kitosan sebagai Tabir Surya dan Antioksidan (2021, Ketua).
6. Pengembangan Bangalai (*Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A.Dietr.) sebagai suplemen antidiislipidemia berbasis tumbuhan obat Kalimantan Timur (2020, Anggota).
7. Mekanisme aksi senyawa antiasma dari rimpang *Curcuma aeruginosa* Roxb. Dalam bentuk ekstrak dan isolat (2019 dan 2020, Anggota).
8. Potensi Tumbuhan Kalimantan *Macaranga hullettii* King ex Hook.f. sebagai Obat Antibakteri dan Antioksidan (2019, Ketua).
9. Optimasi Proses Pembuatan Minuman Fungsional Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) (2018, Anggota).
10. Sintesis Film Pelapis Berupa Karboksimetil Palmitoil Kitosan dan Kitosan Oleat yang Berasal dari Asam Lemak Jenuh dan Tak Jenuh melalui Reaksi Interesterifikasi dan Amidasi yang Digunakan sebagai Bahan Pelindung Makanan (2018, Anggota).
11. Potensi Daun *Macaranga Hosei* King Ex Hook.F. Sebagai Obat Kanker Serviks (2016 dan 2017, Ketua).
12. Senyawa Flavonoid Terprenilasi dari Tumbuhan *Macaranga pearsonii* Merr. Endemik Kalimantan (2015, Ketua).

RIWAYAT PENGABDIAN MASYARAKAT

1. Pendampingan praktikum IPA SMPN 42 Samarinda, Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Mulawarman (2025, Ketua).
2. Prinsip dan reaksi kimia dalam pengembangan karakter siswa SMPN 42 Samarinda: Wujud 8 Profil

- Lulusan melalui Latihan Kepemimpinan dan Unjuk Bakat (2025, Anggota).
3. Pelatihan "Keluarga Sehat Dengan Teh Fermentasi: Edukasi dan Pelatihan Pada Ibu Rumah Tangga di Kota Bangun" (2025, Anggota).
 4. Observasi prospek kerja sama oleh FMIPA ke PT Gunung Gajah Abadi di Kombeng Kutai Timur (2025, Anggota).
 5. Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5) "Pengelolaan sampah organik dan anorganik di SMPN 12 Samarinda (2024, Ketua).
 6. Pengelolaan sampah organik dan anorganik di SMPN 42 Samarinda (2024, Ketua).
 7. Pelatihan dan pendampingan pembuatan ekoenzim dari limbah organik sebagai Penerapan Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5) di SMPN 42 Samarinda (2024, Anggota).
 8. Pendampingan praktikum kimia pada siswa SMA Negeri 1 Muara Badak (2023, Anggota).
 9. Pelatihan pengolahan sampah, pembuatan decomposer dan pupuk organik cair bagi santri panti asuhan Ruhamaa Samarinda (2022, Anggota).
 10. Pelatihan pembuatan deterjen cair dan sabun cuci piring untuk peningkatan produktivitas masyarakat kelurahan Tanah Merah Samarinda (2022, Anggota).
 11. Pengenalan, pembuatan dan pemanfaatan material nano bagi guru-guru tingkat SMA (2019, Anggota).
 12. Pelatihan pembuatan VCO ibu-ibu PKK kelurahan Bukit Pinang (2018, Anggota).

RIWAYAT PUBLIKASI

1. In vitro Evaluation and Molecular Docking Study of the Antibacterial Potential of *Macaranga hullettii* King ex Hook.f. Leaf Extract. Tropical Journal of Natural Product Research, volume 9 (7) : 2025.
2. The Solid State Dispersion Method for Synthesizing Eggshells ES/TiO₂ Composite to Enhance

- Photocatalytic Degradation Methylene Blue. MethodsX, volume 14, Juni : 2025.
3. Acute Toxicity, Secondary Metabolites, and Antioxidant Activity of *Macaranga tanarius* from Post-coal Mining and Non-mining Areas in East Kalimantan, Indonesia. Narra Journal, volume 4(2) : 2024.
 4. A Short Overview of *Curcuma aeruginosa* with Curative Potentials Against COVID-19. Asian Journal of Chemistry, volume 33(4) : 2021.
 5. Isolation and Characterization of Stigmasterol and Sitosterol from Wood Bark extract of *Baccaurea macrocarpa* Miq. Rasayan Journal Chemistry, volume 13(4) : 2020.
 6. Flavestin K, An Isoprenylated Stilbene from the Leaves of *Macaranga recurvata* Gage. Natural Product Sciences, volume 25(3) : 2019.
 7. Anti-inflammatory Activities of *Curcuma aeruginosa* with Membrane Stabilization and Carrageenan-induced Paw Oedema Test. Eur Asian Journal of Bio Sciences, volume 13(1) : 2019.
 8. Chemical Composition and Anticancer Activity of *Macaranga hosei* Leaves, Asian Journal of Chemistry, volume 30(4) : 2018.
 9. Isoprenylated Flavanone Derivatives from *Macaranga hosei* King ex Hook. F. Der Pharmacia Lettre, volume 7(3) : 2015.
 10. Antioxidant Activity of Mahang Leaves from Post-Coal Mining Revegetated Areas in East Kalimantan, Proceeding The 1st International Conference on Gorest City : 2025.
 11. Anti-inflammatory Activity Test of Pacing Putih Flower (*Costus speciosus* (J. Koenig) Sm.). Proceedings of International Conference on Tropical Studies (ICTROPS), Volume 2 (1) : 2023.
 12. Antibacterial Effect of Methanol Extracts from Edible Rhizomes Against *Salmonella typhi* ATCC-422. Proceedings of International Conference on Tropical Studies (ICTROPS), Volume 2 (1) : 2023.

13. Phytochemical Analysis and Screening of Antibacterial Activity of White Pacing Flower (*Costus Speciosus* (J. Koenig) Sm.). Proceedings of International Conference on Tropical Studies (ICTROPS), Volume 2 (1) : 2023.
14. Preparation of Fulvic Acids-functionalized Magnetite for Lead (II) Adsorption in Aqueous Solutions. Agrivoltaics Conference: Connecting Agrivoltaics Worldwide AIP Conference Proceedings 2534(1): 2021.
15. Antioxidant Activity of Flavonoid Constituents from the Leaves of *Macaranga tanarius*. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1277, The 2nd International Conference on Mathematics, Science and Computer Science : 2019.
16. Antioxidant and Anticancer Activity of *Eleutherine bulbosa* (Mill.) Urb on Leukemia Cells L1210. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1277, The 2nd International Conference on Mathematics, Science and Computer Science: 2019.
17. Effect of pH Increasing of Wuluh Star Fruit (*Averrhoa bilimbi* L.) Juice on Vasodilatation Activity. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1277, The 2nd International Conference on Mathematics, Science and Computer Science: 2019.
18. Synthesis of Silver Nanoparticle Using Bio-Reductant from Wuluh Star Fruit (*Averrhoa Bilimbi* L.) Extract and Their Activity as Sunscreen. Jurnal Bahan Alam Terbarukan, Volume 14 (1) : 2025.
19. Sunscreen Test of Methanol Extract, N-Hexane, Ethyl Acetate and Methanol-Water Fraction of *Artocarpus lanceifolius* Roxb. Leaves Based on *In Vitro* Method. Jurnal Ilmiah Sains, Volume 23 (2) : 2023.
20. Senyawa Pterokarpan dari Kulit Batang *Spatholobus ferrugineus*. Jurnal Kimia Mulawarman, Volume 20 (2) : 2023.
21. Potensi Bakteri Endofit Daun Pucuk Merah (*Syzygium Myrtifolium* Walp.) Sebagai Antibakteri

- Terhadap *Propionibacterium acnes*. Jurnal Kimia Mulawarman. Volume 20(1) : 2022.
22. Uji *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) Umbi Bawang Tiwai (*Eleutherine bulbosa* (Mill.) Urb) dan Uji Toksisitas Akut Fraksi Aktif. Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia. Volume 1 (1) : 2019.
23. Sintesis Surfaktan Dietanolamida dari Metil Ester Minyak Biji Bunga Matahari. Jurnal Kimia Mulawarman. Volume 16 (2) : 2019.
24. Uji Aktivitas Antioksidan Kombinasi Ekstrak Metanol Daun Remek Daging (*Hemigraphis Colorata* W.Bull) Dan Daun Kratom (*Mitragyna speciosa* Korth). Jurnal Atomik Volume 10 (1) 2025.
25. Potensi Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Daun Sungkai (*Peronema canescens* Jack.). Jurnal Atomik Vol 9(1) : 2024.
26. Sunscreen Activity Test of Meniran (*Phyllanthus niruri* L.) Herbs Extract. Jurnal Atomik, Volume 7(2) : 2022.
27. Respon Trakeospasmodik Ekstrak Metanol Daun *Macaranga lamellata* Whitmore secara *in vitro*. Jurnal Atomik, Volume 7(1) : 2022.
28. Respon Vasodilatasi Ekstrak Metanol Daun *Macaranga lamellata* Whitmore secara In Vitro. Jurnal Atomik, Volume 6(2) : 2021.
29. *Macaranga hullettii* King ex Hook. f. : Sumber Flavonoid. Jurnal Atomik, Volume 5(2) : 2020.
30. Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Flavonoid Fraksi Etil Asetat Daun *Macaranga hosei*. Jurnal Atomik Volume 4 (1) : 2019.
31. Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Flavonoid Fraksi Etil Asetat *Macaranga lamellate* Whitmore. Jurnal Atomik, Volume 4 (1) : 2019.
32. Uji Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Daun *Macaranga Lamellata* Whitmore. Jurnal Atomik, Volume 4 (2) : 2019.

RIWAYAT JABATAN

33. Dosen Program Studi Kimia FMIPA Universitas Mulawarman (2001 - Sekarang).
34. Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Mulawarman (2008 – 2012)
35. Koordinator Program Studi S1 Kimia FMIPA Universitas Mulawarman (2017 – 2019).
36. Kepala Laboratorium Kimia Dasar FMIPA Universitas Mulawarman (2019 -2023).
37. Ketua Senat FMIPA Universitas Mulawarman (2023 – 2027).

RIWAYAT ORGANISASI

1. Anggota Himpunan Kimia Indonesia (HKI) (2018 – Sekarang).
2. Pengurus Himpunan Kimia Indonesia (HKI) Cabang Kalimantan Timur (2019 – Sekarang).
3. Anggota Himpunan Kimia Bahan Alam Indonesia (HKBAl) (2024 – Sekarang).





UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. Dra. Hj. Ratna Kusuma, M.Si.

PEMULIAAN TANAMAN LAI (*DURIO KUTEJENSIS*
(HASSK.) BECC. DARI KALIMANTAN; INTEGRASI
PERBANYAKAN *IN VIVO*, *IN VITRO* DAN
KONSERVASI PLASMA NUTFAH UNTUK
KETAHANAN BUAH LOKAL NUSANTARA

24 September 2026
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



DAFTAR ISI

FOTO ORATOR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
SINOPSIS	1
A. HASIL HUTAN BUKAN KAYU (HHBK).....	5
B. EKSPLORASI KEANEKARAGAMAN HAYATI HUTAN HUJAN TROPIS: KONTRIBUSI RISET PEMULIAAN TANAMAN	5
1. <i>Peran Hutan Tropis sebagai Sumber Plasma Nutfah Pemuliaan</i>	6
2. <i>Sumber Sifat Agronomi Unggul</i>	6
3. <i>Sumber Senyawa Bioaktif</i>	6
4. <i>Kontribusi Riset Pemuliaan Tanaman</i>	7
C. SUMBER PLASMA NUTFAH DENGAN KERAGAMAN FLORA ENDEMIK KHAS	8
D. STRATEGI KONSERVASI PLASMA NUTFAH DURIO ENDEMIK KALIMANTAN	9
1. <i>Konservasi In Situ</i>	10
2. <i>Konservasi Ex Situ</i>	10
3. <i>Pemanfaatan Berbasis Bioteknologi: In Vivo dan In Vitro</i>	10
E. TANTANGAN DAN ARAH KEBIJAKAN KONSERVASI PLASMA NUTFAH KE DEPAN	11
1. <i>Tantangan Utama</i>	12
2. <i>Arah Kebijakan dan Rekomendasi Strategis</i> ..	12
F. TRANSFORMASI PEMULIAAN DI ERA BIOLOGI MODERN: MENUJU INOVASI BERBASIS KEANEKARAGAMAN HAYATI	13
1. <i>Paradigma Baru Pemuliaan Tanaman</i>	13
2. <i>Inovasi Berbasis Keanekaragaman Hayati</i>	14
3. <i>Menuju Kedaulatan Buah Lokal</i>	15
G. PROSPEK PENGEMBANGAN TANAMAN Durio kutejensis.....	15

H. PERAN PEMULIAAN DURIO KUTEJENSIS UNTUK KETAHANAN BUAH LOKAL	17
1. <i>Menjaga Kelestarian Plasma Nutfah Asli Kalimantan</i>	19
2. <i>Menyediakan Bibit Unggul yang Seragam dan Cepat Berbuah</i>	19
3. <i>Meningkatkan Produktivitas dan Daya Saing Buah Lokal</i>	19
4. <i>Mendukung Kedaulatan Pangan dan Ekonomi Daerah</i>	19
5. <i>Menjadi Ciri Khas dan Identitas Daerah</i>	20
I. STRATEGI PEMULIAAN TEHNIK IN VIVO dan IN VITRO	20
1. <i>Strategi In Vivo: Okulasi dan Grafting</i>	20
2. <i>Strategi In Vitro: Kultur Jaringan</i>	21
J. KESIMPULAN	22
DAFTAR PUSTAKA	23
UCAPAN TERIMA KASIH	26
CURRICULUM VITAE	29

SINOPSIS

Hutan Kalimantan memiliki sumber Plasma Nutfah dengan keanekaragaman hayati yang tinggi dan kompleks. Terdapat berbagai macam Durio, salah satu varietas yang tidak dimiliki daerah lain yaitu lai *Durio kutejensis* (Hassk). Becc. 3 (Tiga) diantaranya telah dirilis sebagai varietas unggul nasional, yaitu Lai Batuah, Lai Kutai dan Lai Mahakam dirilis pada tahun 2006, 2007, dan 2009, ketiga varietas memiliki karakteristik yang berbeda. Walau telah dirilis, perbanyakannya hingga saat ini masih dirasa kurang, masih sulit menemukan bibit yang memiliki hasil baik. Penangkaran Lai belum banyak menjanjikan, bibit yang ditanam tidak semua berasal dari bibit unggul, hasil buah dan rasa tidak seragam, sifat, ukuran buah tidak sama persis dengan induknya, masa juvenile panjang, butuh waktu 5-7 tahun untuk berbuah.. Lai yang tersedia tidak mempunyai karakter buah sesuai dengan permintaan pasar. Karakteristik hasil buah tidak sebaik varietas unggul. bila tidak segera diatasi, dikhawatirkan jenis tanaman buah lokal endemik yang mempunyai prospek cerah untuk di kembangkan akan menjadi semakin sulit didapat.

Perlu kita semua untuk memaknai pemuliaan tanaman sebagai gerakan konservasi. guna menyelamatkan plasma nutfah, Melalui integrasi pendekatan pemuliaan tanaman *in vivo*, *in vitro* menggunakan teknik okulasi, grafting, kultur jaringan, dan mikropropagasi. Mengembangkan tanaman berarti menyelamatkan identitas Kalimantan, kedaulatan pangan, dan masa depan generasi, di tengah gempuran buah impor dan standarisasi rasa buah.

Berbeda dengan Durian (*Durio zibethenis*), *Durio kutejensis* memiliki rasa manis legit, dengan aroma yang tidak menyengat. Warna kuning muda hingga merah gelap pada daging buah, merupakan senyawa karotenoid yaitu karoten dan xantofil, yang merupakan sumber respon imun dan berfungsi sebagai

antioksidan. Habitat alami *Durio kutejensis* di hutan Kalimantan saat ini semakin berkurang., dan dmungkinkan Jika tidak dikonservasi dari sekarang beberapa tahun kedepan hanya mengenal *Durio kutejensis* dalam buku. Data FAO 2023 menyebutkan, 75% keragaman genetik tanaman pangan dunia telah hilang dalam 100 tahun terakhir. Jangan sampai lai *Durio kutejensis* menjadi bagian dari statistik itu.



Yang Saya Hormati,

- Ketua Senat, Sekretaris Senat dan Seluruh Anggota Senat Universitas Mulawarman
- Rektor Universitas Mulawarman
- Bapak Ibu Wakil Rektor Universitas Mulawarman
- Bapak Ibu Dekan, Wakil Dekan Di lingkungan Universitas Mulawarman
- Orangtua dan Keluarga yang saya cintai
- Hadirin yang berbahagia

Puji syukur saya panjatkan, Kehadirat Allah SWT yang maha kuasa, yang memberi nikmat sehat kepada kita semua.

Izinkan saya pada kesempatan ini, menyampaikan Orasi Pengukuhan sebagai Guru Besar dalam Bidang Pemuliaan Tanaman.

Dengan judul **“Pemuliaan Tanaman LAI (*Durio kutejensis* (HASSK.) BECC. Dari Kalimantan; Integrasi perbanyakan *in Vivo*, *in Vitro* dan Konservasi Plasma Nutfah untuk Ketahanan Buah Lokal Nusantara”**

Hutan Kalimantan memiliki sumber Plasma Nutfah dengan keanekaragaman hayati yang tinggi dan kompleks. Terdapat berbagai macam jenis Durio, salah satu varietas yang tidak dimiliki daerah lain yaitu lai *Durio kutejensis* (Hassk). Becc. 3 (Tiga) diantaranya telah dirilis sebagai varietas unggul nasional, yaitu Lai Batuah, Lai Kutai dan Lai Mahakam dirilis pada tahun 2006, 2007, dan 2009, ketiga varietas memiliki karakteristik yang berbeda. Walau telah dirilis, perbanyakannya hingga saat ini dirasa masih kurang, masih sulit menemukan bibit yang unggul. Penangkaran

D kutejensis belum banyak menjanjikan, bibit yang ditanam tidak semua berasal dari bibit unggul, hasil buah dan rasa tidak seragam, sifat, ukuran buah tidak sama persis dengan induknya, masa juvenile panjang, butuh waktu 5-7 tahun untuk berbuah.

D kutejensis yang tersedia tidak mempunyai karakter buah sesuai dengan permintaan pasar. Karakteristik buah tidak sebaik varietas unggul. Bila tidak segera diatasi, dikhawatirkan jenis tanaman buah lokal endemik yang mempunyai prospek cerah untuk di kembangkan ini akan menjadi semakin sulit didapat.

Hadirin yang saya Hormati

Perlu kita semua untuk memaknai **pemuliaan tanaman** sebagai gerakan **konservasi**, guna menyelamatkan plasma nutfah, melalui integrasi pendekatan pemuliaan tanaman *in vivo*, *in vitro* menggunakan teknik okulasi, grafting, kultur jaringan, dan mikropopagasi. Mengembangkan tanaman berarti menyelamatkan identitas Kalimantan, kedaulatan pangan, dan masa depan generasi, di tengah gempuran buah impor dan standarisasi rasa buah.

Berbeda dengan Durian (*Durio zibethenis*), *Durio kutejensis* memiliki rasa manis legit, dengan aroma yang tidak menyengat. Warna kuning muda hingga merah gelap pada daging buah, merupakan senyawa karotenoid yaitu karoten dan xantofil, yang merupakan sumber respon imun dan berfungsi sebagai antioksidan. Habitat alami *D kutejensis* di hutan Kalimantan yang saat ini semakin berkurang., dan dimungkinkan Jika tidak dari sekarang dikonservasi, maka dalam beberapa tahun kedepan hanya mengenal *Durio kutejensis* dalam buku. Data FAO 2023 menyebutkan, 75% keragaman genetik tanaman pangan dunia telah hilang dalam 100 tahun terakhir. Jangan sampai lai *Durio kutejensis* menjadi bagian dari statistik itu.

A. HASIL HUTAN BUKAN KAYU (HHBK)

Hasil hutan (non timber forest product) disebut sebagai hasil hutan ikutan, yaitu kelompok buah-buahan hutan. Dari sudut pandang kehutanan, buah-buahan hutan belum banyak dikenal. Hasil sampingan hutan dari pohon, seperti getah, daun, kulit, buah atau berupa tumbuhan-tumbuhan yang memiliki sifat khusus seperti rotan, bambu dan lain-lain secara ekonomis dianggap kurang penting. Pemungutan hasil hutan bukan kayu umumnya merupakan kegiatan tradisional masyarakat yang berada di sekitar hutan, untuk dimanfaatkan bagi kegiatan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat,

Pengelolaan sumberdaya alam bukan kayu potensial harus dikelola secara lebih bijaksana dan terarah sehingga produk-produk hasil hutan bukan kayu (HHBK) terutama jenis-jenis yang merupakan andalan setempat dapat meningkatkan nilai ekonomis yang bersinggungan langsung dengan masyarakat di sekitar hutan. Permasalahan pengembangan HHBK sampai saat ini belum beranjak dari orientasi bahwa HHBK merupakan hasil ikutan dari proses pembalakan, sehingga belum banyak diusahakan dalam skala industri. Pada umumnya jenis HHBK ditanam bersama dengan beberapa jenis pohon buah-buahan diusahakan secara tradisional atau secara turun temurun.

B. EKSPLORASI KEANEKARAGAMAN HAYATI HUTAN HUJAN TROPIS: KONTRIBUSI RISET PEMULIAAN TANAMAN

Hadirin yang saya hormati,

Indonesia adalah negara megadiversity kedua terbesar di dunia setelah Brazil. Lebih dari 17% keanekaragaman hayati dunia berada di wilayah kita.

Dari total tersebut, hutan hujan tropis Kalimantan merupakan salah satu hotspot biodiversity yang paling penting dan paling terancam. Hutan hujan tropis bukan hanya "**paru-paru dunia**". Ia adalah "**laboratorium hidup**" dan "**bank gen raksasa**" bagi peradaban manusia. Di dalamnya tersimpan jutaan senyawa bioaktif, gen ketahanan, dan sifat unggul yang belum kita ketahui. World Bank 2022 memperkirakan 40% obat-obatan modern berasal dari senyawa yang pertama kali ditemukan di hutan tropis.

1. Peran Hutan Tropis sebagai Sumber Plasma Nutfah Pemuliaan

Keanekaragaman hayati hutan tropis adalah modal dasar pemuliaan tanaman masa depan. Tiga kontribusi utama hutan tropis bagi riset pemuliaan adalah: Pertama, Sumber Gen Ketahanan. Tanaman liar di hutan telah berevolusi jutaan tahun untuk bertahan dari hama, penyakit, kekeringan, dan tanah masam. Gen-gen ini tidak dimiliki oleh varietas budidaya. Misalnya, beberapa *Durio* liar Kalimantan memiliki toleransi tinggi terhadap Phytophthora dan tanah gambut.

2. Sumber Sifat Agronomi Unggul

Karakter seperti ukuran buah besar, rasa unik, umur simpan panjang, dan kandungan nutrasetikal tinggi banyak ditemukan pada spesies endemik. *D.kutejensis* dengan rasa lai yang khas dan aroma lembut adalah contoh nyata "mutiara" yang lahir dari seleksi alam hutan Kalimantan.

3. Sumber Senyawa Bioaktif

Penelitian 5 tahun terakhir menunjukkan ekstrak kulit, daun, dan biji *Durio* mengandung flavonoid, tanin, dan saponin dengan aktivitas antioksidan dan

antimikroba. Ini membuka peluang pemuliaan "tanaman fungsional" untuk kesehatan dan industri., Urgensi Eksplorasi Sebelum Punah. Ironisnya, kita kehilangan keanekaragaman hayati lebih cepat dari kecepatan kita mengeksplorasinya. Laju deforestasi di Kalimantan 2018-2023 mencapai 1,2 juta hektar. Artinya, setiap hari kita berpotensi kehilangan spesies yang belum sempat dideskripsi dan gen yang belum sempat dimanfaatkan. Oleh karena itu, eksplorasi harus dilakukan dengan 3 pendekatan cepat: Eksplorasi Lapangan: Inventarisasi dan koleksi plasma nutfah di seluruh Kalimantan, terutama di pedalaman dan wilayah adat. Eksplorasi Laboratorium: Karakterisasi molekuler dan fitokimia untuk memetakan potensi unggul setiap akses. Eksplorasi Data: Digitalisasi data plasma nutfah agar bisa diakses peneliti seluruh dunia melalui "Bank Data Keanekaragaman Hayati Indonesia".

4. Kontribusi Riset Pemuliaan Tanaman

Di sinilah peran riset pemuliaan menjadi sangat strategis. Riset pemuliaan adalah jembatan antara "kekayaan di hutan" dengan "kesejahteraan di meja makan". Tugas kita sebagai pemulia bukan hanya mengambil dari hutan. Tugas kita adalah: Mendokumentasikan, mencatat dan mengoleksi sebelum hilang. Mengkaji, memahami sifat genetik dan fisiologinya. Memanfaatkan, melalui pemuliaan dan bioteknologi menjadi varietas unggul. Mengembalikan, melalui program konservasi dan budidaya berkelanjutan.

Riset pemuliaan tanaman di era krisis iklim ini bukan lagi pilihan, tetapi kewajiban moral. Karena setiap spesies yang punah adalah hilangnya satu kemungkinan solusi pangan, obat, dan energi masa depan Kalimantan, dengan kekayaan *Durio* nya, adalah bukti nyata bagaimana eksplorasi keanekaragaman

hayati dapat melahirkan inovasi pemuliaan. Dan dari sinilah orasi ini saya mulai.

C. SUMBER PLASMA NUTFAH DENGAN KERAGAMAN FLORA ENDEMIK KHAS

Hutan Kalimantan merupakan salah satu pusat keanekaragaman hayati tropis dunia dengan tingkat endemisitas yang sangat tinggi. Sebagai bagian dari wilayah Malesia, Kalimantan menyimpan sumber plasma nutfah yang kompleks dan beragam, khususnya dari kelompok flora endemik. Salah satu kelompok flora endemik khas yang berkembang dengan baik di Kalimantan adalah genus *Durio* dari famili *Malvaceae*. Dari 27 jenis *Durio* yang tercatat di seluruh dunia, sebanyak 20 jenis terdapat di Indonesia dan 18 jenis di antaranya ditemukan di Pulau Kalimantan. Dari jumlah tersebut, 14 jenis merupakan spesies endemik Kalimantan. Tingginya tingkat endemisitas ini menjadikan Kalimantan sebagai pusat keragaman genetik *Durio* dunia dan pusat domestikasi potensial untuk pemuliaan tanaman buah tropis. Tercatat ada sembilan jenis *Durio* di Indonesia yang buahnya dapat dikonsumsi, yaitu ***Durio dulcis*** (lahong), ***Durio excelsus*** (apun), ***Durio grandiflorus*** (sukang), *D. graveolens* (tuwala), *D. kutejensis* (lai), *D. lowianus* (teruntung), ***Durio oxleyanus*** (kerantungan), ***Durio testudinarum*** (durian sekura) dan ***Durio zibethinus*** (durian). Dari sembilan jenis tersebut, lima di antaranya telah mulai dibudidayakan dan memiliki potensi ekonomi, yaitu *D. dulcis*, *D. grandiflorus*, *D. kutejensis*, *D. oxleyanus* dan *D. zibethinus*.

Khusus untuk *D. kutejensis* atau lai, Kementerian Pertanian telah melepas 3 varietas unggul nasional asal Kalimantan Timur, yaitu Lai Batuah, Lai Kutai, dan Lai Mahakam sejak tahun 2011. Pelepasan varietas ini menjadi bukti bahwa plasma nutfah lokal Kalimantan memiliki nilai strategis untuk dikembangkan. Keragaman plasma nutfah *Durio* ini

merupakan modal dasar yang sangat penting bagi program pemuliaan, konservasi, dan budidaya tanaman. Pemanfaatan plasma nutfah secara berkelanjutan sejalan dengan Peraturan Menteri Kehutanan No. P.35/Menhut-II/2007 tentang Hasil Hutan Bukan Kayu, yang menyatakan bahwa hasil hutan hayati nabati beserta produk turunan dan budidayanya merupakan prospek besar untuk dikembangkan sebagai sumber ekonomi masyarakat dan ketahanan pangan nasional. Namun saat ini, plasma nutfah Durio di Kalimantan menghadapi tekanan besar. Alih fungsi lahan, pembukaan hutan, dan perbanyakan generatif yang tidak terkontrol menyebabkan erosi genetik dan penyusutan populasi di habitat alami. Data FAO 2023 menyebutkan bahwa 75% keragaman genetik tanaman pangan dunia telah hilang dalam 100 tahun terakhir. Jika tidak segera dilakukan konservasi melalui pendekatan in situ dan ex situ, 20 tahun ke depan kita berisiko hanya dapat melihat beberapa jenis Durio endemik dalam literatur saja. Oleh karena itu, strategi pemuliaan terpadu melalui perbanyakan in vivo dan in vitro menjadi sangat mendesak untuk menyelamatkan, memperbanyak, dan memanfaatkan plasma nutfah Durio endemik Kalimantan sebagai komoditas strategis masa depan.

D. STRATEGI KONSERVASI PLASMA NUTFAH DURIO ENDEMIK KALIMANTAN

Mengingat tingginya keragaman dan ancaman erosi genetik pada plasma nutfah Durio, maka upaya konservasi menjadi sebuah keharusan. Konservasi plasma nutfah tidak dapat dilakukan dengan satu pendekatan saja, melainkan harus terintegrasi antara konservasi in situ, ex situ, dan pemanfaatan berkelanjutan melalui program pemuliaan.

1. *Konservasi In Situ*

Konservasi in situ merupakan upaya pelestarian plasma nutfah di habitat aslinya. Untuk *Durio* endemik Kalimantan, strategi ini dapat dilakukan melalui penetapan kawasan konservasi, hutan desa, dan kebun plasma nutfah di sentra produksi seperti Desa Batuah, Kabupaten Kutai Kartanegara. Peran serta masyarakat lokal sangat penting dalam strategi ini karena mereka adalah penjaga utama pohon-pohon induk yang telah berumur puluhan tahun. Selain menjaga kelestarian genetik, konservasi in situ juga mempertahankan interaksi ekologis antara *Durio* dengan penyerbuk alami dan lingkungannya. Penelitian terbaru menekankan bahwa konservasi di habitat asli adalah cara paling efektif untuk mempertahankan keragaman genetik adaptif suatu spesies.

2. *Konservasi Ex Situ*

Konservasi ex situ dilakukan di luar habitat alaminya dan sangat penting sebagai "bank cadangan" genetik. Bentuknya meliputi: Kebun koleksi plasma nutfah: Sebagai sumber entres bersertifikat untuk memperbanyak vegetatif. Kebun benih dan arboretum: Di institusi penelitian seperti BRIN dan perguruan tinggi. Penyimpanan benih dan kriopreservasi: Untuk spesies yang bijinya rekalsitran seperti *Durio*, penyimpanan jangka panjang melalui kultur jaringan dan kriopreservasi menjadi pilihan utama.

3. *Pemanfaatan Berbasis Bioteknologi: In Vivo dan In Vitro*

Strategi konservasi akan kehilangan makna jika tidak diikuti dengan pemanfaatan. Dua pendekatan yang telah kami kembangkan pada *D. kutejensis* adalah: a. Perbanyak In Vivo melalui Okulasi dan Grafting

Perbanyakan vegetatif bertujuan untuk memperbanyak sifat unggul dari pohon induk dan mempercepat masa juvenile. Hasil penelitian kami menunjukkan okulasi memiliki daya hidup 92-94% pada 3 varietas lai, jauh lebih tinggi dibanding grafting. Dengan teknik ini, 1 pohon induk dapat menghasilkan ratusan bibit unggul per tahun, sehingga dapat mempercepat penyebaran varietas Lai Batuah, Lai Kutai, dan Lai Mahakam ke petani. b. Perbanyakan In Vitro melalui Kultur Jaringan

Kultur jaringan adalah solusi untuk perbanyakan massal dan penyelamatan plasma nutfah yang terancam punah. Media MS yang disuplementasi GA3 1 ppm + BAP 3 ppm terbukti paling efektif untuk pertumbuhan embrio *D. kutejensis* dengan panjang tunas mencapai 3,34 cm. Teknik ini memungkinkan produksi ribuan planlet dari satu eksplan dalam waktu singkat, serta menjadi dasar pembentukan "bank gen in vitro" untuk Durio Kalimantan. Integrasi ketiga strategi ini: In situ untuk menjaga, Ex situ untuk menyimpan, dan In vivo-In vitro untuk memperbanyak dan memanfaatkan, merupakan model ideal dalam konservasi plasma nutfah. Dengan demikian, kekayaan Durio endemik Kalimantan tidak hanya lestari, tetapi juga menjadi motor penggerak ekonomi dan ketahanan buah lokal Nusantara.

E. TANTANGAN DAN ARAH KEBIJAKAN KONSERVASI PLASMA NUTFAH KE DEPAN

Upaya konservasi dan pemanfaatan plasma nutfah Durio endemik Kalimantan saat ini masih menghadapi berbagai tantangan. Tantangan tersebut tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga kelembagaan, sosial, dan kebijakan.

1. Tantangan Utama

Pertama, erosi genetik dan hilangnya habitat. Alih fungsi lahan hutan menjadi perkebunan dan pertambangan menyebabkan banyak pohon induk Durio di hutan hilang. Data FAO 2023 menyebutkan bahwa hilangnya habitat merupakan penyebab utama 60% erosi plasma nutfah tanaman buah tropis. Kedua, terbatasnya akses bibit unggul bersertifikat. Petani masih bergantung pada bibit asal biji yang sifatnya tidak seragam. Padahal hasil penelitian menunjukkan okulasi dapat meningkatkan daya hidup hingga 92-94% dan mempercepat pembuahan. Namun sistem produksi dan distribusi bibit bersertifikat belum berjalan optimal. Ketiga, lemahnya kelembagaan konservasi. Kebun plasma nutfah Durio di tingkat daerah masih terbatas, belum terintegrasi dalam satu sistem "Bank Plasma Nutfah Kalimantan". Selain itu, regulasi terkait perlindungan varietas lokal dan akses pembagian keuntungan belum sepenuhnya berpihak pada petani dan masyarakat adat sebagai pemilik pengetahuan tradisional. Keempat, keterbatasan riset dan hilirisasi. Penelitian tentang karakterisasi genetik, metabolit sekunder, dan adaptasi Durio endemik masih sedikit. Padahal ini penting untuk program pemuliaan berbasis nilai tambah, seperti buah dengan antioksidan tinggi.

2. Arah Kebijakan dan Rekomendasi Strategis

Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan arah kebijakan yang terintegrasi: Penguatan Konservasi Berbasis Masyarakat: Memberdayakan petani di sentra seperti Desa Batuah sebagai "Penangkar Bibit Rakyat" dengan pelatihan okulasi dan sertifikasi bibit. Ini akan mempercepat penyebaran varietas unggul. Pembangunan Pusat Unggulan Plasma Nutfah Durio Kalimantan: Di bawah koordinasi Unmul dan BRIN, berfungsi sebagai kebun koleksi, bank gen in

vitro, dan pusat riset pemuliaan. Dukungan Kebijakan dan Insentif: Pemerintah perlu memberikan insentif bagi petani yang menanam dan memelihara pohon Durio endemik, serta mempercepat regulasi perlindungan varietas lokal. Integrasi Riset - Industri - Pasar: Mendorong riset metabolit sekunder untuk produk hilir seperti teh kulit buah, permen, dan kosmetik. Hal ini akan meningkatkan nilai ekonomi dan daya tarik budidaya Durio. Digitalisasi Data Plasma Nutfah: Membangun database plasma nutfah Durio yang terhubung secara nasional, untuk memudahkan pemantauan, pertukaran materi genetik, dan riset kolaborasi. Dengan arah kebijakan ini, kita optimis bahwa plasma nutfah Durio Kalimantan tidak hanya akan lestari, tetapi juga menjadi komoditas strategis yang meningkatkan kesejahteraan petani dan ketahanan pangan buah nasional.

F. TRANSFORMASI PEMULIAAN DI ERA BIOLOGI MODERN: MENUJU INOVASI BERBASIS KEANEKARAGAMAN HAYATI

Hadirin yang saya muliakan,

Kita saat ini telah memasuki era Biologi Modern abad ke-21. Era yang ditandai dengan integrasi antara pengetahuan tradisional, bioteknologi, dan digitalisasi. Dalam konteks pemuliaan tanaman, era ini menuntut terjadinya transformasi: dari pemuliaan konvensional yang lambat dan berbasis seleksi fenotipe, menuju pemuliaan presisi yang cepat, akurat, dan berbasis keragaman genetik.

1. Paradigma Baru Pemuliaan Tanaman

Pemuliaan konvensional pada tanaman tahunan seperti Durio menghadapi kendala besar: masa juvenile panjang 5-7 tahun, heterozigot tinggi, dan ketergantungan pada musim. Di era modern,

paradigma ini harus ditransformasi melalui 3 pilar utama:

Pertama, Pemuliaan Berbasis Plasma Nutfah. Keragaman genetik yang tersimpan di Kalimantan adalah "emas hijau". Karakterisasi plasma nutfah, baik secara morfologi, molekuler, maupun fitokimia menjadi langkah awal. Penelitian menunjukkan kandungan fenolik dan flavonoid pada kulit buah *D. kutejensis* mencapai 50 mg GAE/g dan 504,33 mg QE/g. Ini membuka peluang "pemuliaan fungsional" - memilih varietas bukan hanya berdasarkan ukuran dan rasa, tetapi juga kandungan nutrasetikal.

Kedua, Pemanfaatan Bioteknologi untuk Percepatan. Teknik kultur jaringan, embriogenesis somatik, dan kultur meristem memungkinkan perbanyakkan massal dalam waktu singkat. Hasil penelitian kami membuktikan media MS + GA3 1 ppm + BAP 3 ppm dapat menghasilkan planlet *D. kutejensis* dengan pertumbuhan optimal. Teknologi ini memotong waktu dari 10 tahun menjadi 2-3 tahun untuk mendapatkan bibit siap tanam dalam jumlah besar. Ketiga, Perbanyakkan Vegetatif Presisi. Teknik okulasi dan grafting yang dimodifikasi menjadi kunci untuk menjaga kemurnian genetik dan mempercepat pembuahan. Daya hidup okulasi 92-94% pada lai menunjukkan bahwa teknologi sederhana ini, jika dikelola dengan baik, dapat menjadi solusi jangka pendek paling efektif untuk petani.

2. Inovasi Berbasis Keanekaragaman Hayati

Inovasi di era modern bukan hanya tentang teknologi, tetapi juga tentang cara kita "membaca" dan "memanfaatkan" keanekaragaman hayati. Ada 3 arah inovasi strategis untuk Durio Kalimantan: **Inovasi Produk:** Mengembangkan produk hilir berbasis metabolit sekunder. Kulit buah yang kaya antioksidan dapat diolah menjadi teh herbal, pewarna alami, dan kosmetik. Ini meningkatkan nilai tambah 3-5 kali lipat

dibanding menjual buah segar .**Inovasi Sistem Produksi:** Membangun "Sistem Produksi Bibit Terpadu" dari bank gen in vitro → kebun entres → penangkaran rakyat dengan teknik okulasi. Model ini memastikan keberlanjutan pasokan bibit unggul. **Inovasi Digital:** Pemetaan digital plasma nutfah, pelacakan asal-usul bibit bersertifikat, dan prediksi adaptasi berbasis data iklim. Ini akan mempercepat pengambilan keputusan pemuliaan.

3. Menuju Kedaulatan Buah Lokal

Transformasi ini bermuara pada satu tujuan: Kedaulatan Buah Lokal Nusantara. Jika kita berhasil, maka 20 tahun ke depan Indonesia tidak lagi menjadi importir buah tropis, tetapi menjadi eksportir varietas unggul *Durio* endemik. Kalimantan, dengan kekayaan *Durio*-nya, harus menjadi pusat riset dan produksi buah tropis dunia. Transformasi pemuliaan di era biologi modern adalah keniscayaan. Kita tidak bisa lagi bekerja sendiri-sendiri. Diperlukan kolaborasi antara peneliti, petani, industri, pemerintah, dan perguruan tinggi. Dengan modal keanekaragaman hayati yang kita miliki, saya optimis Kalimantan Timur dapat memimpin inovasi pemuliaan buah tropis di tingkat nasional bahkan global.

G. PROSPEK PENGEMBANGAN TANAMAN *Durio kutejensis*

D. kutejensis masih tumbuh liar di habitatnya hutan Kalimantan. Berbeda dengan kerabatnya durian (*Durio zibethinus* Murray) yang cukup dikenal di Asia Tenggara dan dapat memproduksi setiap saat, *D. kutejensis* memiliki masa berbuah tergantung pada musim, dengan masa produksi buah satu kali setahun, hasil produktivitas fluktuatif dan kualitas buah juga masih beragam. Buah yang beredar di pasar lokal masih merupakan buah dari perkembangbiakan

generatif, mengingat *D. kutejensis* merupakan tanaman yang melakukan penyerbukan silang.

Sebagai durian Kalimantan, lai (*Durio kutejensis*) belum banyak dikenal terutama oleh masyarakat di luar Kalimantan

Permasalahan yang dihadapi, Lai dengan varietas unggul masih jarang dijumpai, jumlah dan kualitas hasil buah yang tersedia belum memadai untuk kebutuhan produksi. Persediaan bibit tidak mencukupi dan belum tersedia jumlah yang cukup untuk mendukung pelestarian tanaman ini.

Buah *Durio kutejensis* masih merupakan buah musiman dengan hasil buah sekali dalam setahun. Dari jumlah dan hasil buah yang terbatas, menjadikan tanaman ini masih belum banyak dikenal, terutama di luar pulau Kalimantan. Produksi buahnya hingga saat ini masih belum cukup untuk memenuhi permintaan pasar, baik lokal maupun untuk pemenuhan kebutuhan produksi ke luar pulau. Kualitas buah yang beredar di pasaran masih sangat beragam, belum dapat mencirikan hasil dari produk bibit tanaman unggul (Rizal dkk., 2015).

Metode perbanyakan, Sebagian ada yang justru merusak pohon induk. Pengetahuan budidaya masih terbatas secara turun-temurun, juga merupakan penyebab dan menjadikan populasi buah lokal hasil hutan semakin sulit didapat, terutama diluar musim nya (Krismawati dan Sabran, 2003). Awal berbuah dari tanaman lai yang memerlukan waktu yang lama, banyaknya pohon berumur tua dan terserang penyakit, masuknya buah-buahan impor serta terganggunya lahan hutan menjadi penyebab petani enggan membudidayakan buah lokal tersebut. *Durio kutejensis* *Durio kutejensis* Becc. merupakan salah satu buah endemik unggulan Kalimantan yang hingga saat ini masih banyak tumbuh liar di habitat hutan. Berbeda dengan durian *D. zibethinus* yang telah dibudidayakan secara intensif dan dapat berproduksi hampir sepanjang tahun, *D. kutejensis* masih bersifat

musiman dengan periode produksi satu kali dalam setahun. Produktivitasnya fluktuatif dan kualitas buah yang beredar di pasar masih sangat beragam karena berasal dari perbanyakan generatif melalui penyerbukan silang. Sebagai "durian Kalimantan", lai belum banyak dikenal oleh masyarakat di luar Kalimantan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor: pertama, varietas unggul yang dilepas secara resmi masih terbatas, yaitu Lai Batuah, Lai Kutai, dan Lai Mahakam. Kedua, jumlah dan kualitas buah yang tersedia belum mencukupi kebutuhan pasar lokal maupun ekspor. Ketiga, ketersediaan bibit bersertifikat masih sangat kurang untuk mendukung upaya pelestarian dan perluasan areal. Keterbatasan ini juga diperparah oleh metode perbanyakan yang belum optimal. Sebagian petani masih melakukan perbanyakan dengan cara merusak pohon induk. Pengetahuan budidaya yang terbatas dan diturunkan secara tradisional menyebabkan populasi pohon liar semakin sulit ditemukan, terutama di luar musim. Ditambah lagi dengan umur tanaman yang lama untuk berbuah, tingginya serangan penyakit pada pohon tua, masuknya buah impor, dan alih fungsi lahan hutan menyebabkan petani enggan membudidayakan buah lokal ini. Kondisi tersebut menjadikan *D. kutejensis* terancam terpinggirkan meskipun memiliki potensi ekonomi tinggi.

H. PERAN PEMULIAAN DURIO KUTEJENSIS UNTUK KETAHANAN BUAH LOKAL

Pemuliaan tanaman memegang peran strategis dalam menjawab tantangan di atas. Peran tersebut meliputi: Menjaga Kelestarian Plasma Nutfah Asli Kalimantan. Pemuliaan bertujuan untuk menyeleksi dan memperbanyak sifat unggul. Dengan mengoleksi dan memperbanyak pohon induk terpilih, kita melakukan konservasi *ex situ* sekaligus mencegah hilangnya plasma nutfah akibat alih fungsi

hutan. Menyediakan Bibit Unggul yang Seragam dan Cepat Berbuah Masalah utama lai saat ini adalah perbanyak dari biji yang menyebabkan sifat acak, rasa tidak seragam, dan masa juvenile 5-7 tahun. Peran pemuliaan vegetatif melalui okulasi dan grafting dapat menghasilkan bibit dengan sifat 100% sama dengan induk, mempersingkat masa juvenile menjadi 3-4 tahun, dan menghasilkan produksi yang lebih seragam. Ini kunci agar petani tertarik menanam secara komersial. Meningkatkan Produktivitas dan Daya Saing Buah Lokal Melalui pemuliaan kita dapat merakit varietas baru yang tahan hama, adaptif pada lahan marginal, dan memiliki kualitas buah lebih baik. Peningkatan produktivitas akan menstabilkan harga dan menjadikan lai bukan hanya buah musiman mahal, tetapi juga komoditas ekspor yang mampu bersaing dengan buah impor. Mendukung Kedaulatan Pangan dan Ekonomi Daerah Ketahanan buah lokal berarti mengurangi ketergantungan pada buah impor. Jika Kalimantan memiliki sentra lai yang produktif, maka kebutuhan buah di Kaltim dapat dipenuhi dari dalam, terbuka lapangan kerja di bidang pembibitan, budidaya, pengolahan, dan wisata agro, serta meningkatkan PAD dan kesejahteraan petani. Menjadi Ciri Khas dan Identitas Daerah Pemuliaan juga berperan dalam "branding" wilayah. Dengan 3 varietas yang telah dilepas, ke depan dapat dikembangkan lagi varietas dengan ciri spesifik. Ini akan menjadikan lai sebagai ikon buah Kalimantan, sejajar dengan Salak Pondoh untuk Jogja atau Mangga Gedong Gincu untuk Cirebon.

Dengan demikian, pemuliaan *D. kutejensis* adalah jembatan antara konservasi dan komersialisasi. Tanpa pemuliaan, lai akan tetap langka. Dengan pemuliaan, lai dapat lestari, produktif, dan menjadi tulang punggung ketahanan buah lokal Kalimantan.

1. Menjaga Kelestarian Plasma Nutfah Asli Kalimantan

Pemuliaan bertujuan untuk memilih sifat unggul dan memperbanyaknya. Dengan begitu plasma nutfah lai tidak hilang karena alih fungsi hutan. Merupakan bentuk nyata konservasi in situ dan ex situ.

2. Menyediakan Bibit Unggul yang Seragam dan Cepat Berbuah

Masalah utama lai saat ini: ditanam dari biji sehingga sifatnya acak, rasa tidak sama, dan lama berbuah 5-7 tahun. Peran pemuliaan vegetatif seperti okulasi dan grafting, bisa menghasilkan bibit yang: Sifatnya 100% sama dengan induk unggul Masa juvenile dapat dipersingkat jadi 3-4 tahun, Produksi lebih seragam dan bisa diprediksi. Ini kunci agar petani mau menanam secara komersial.

3. Meningkatkan Produktivitas dan Daya Saing Buah Lokal

Dengan pemuliaan kita bisa merakit varietas baru yang tahan hama, tahan kekeringan, dan kualitas buah lebih baik. Kalau produktivitas naik, harga bisa lebih stabil. Lai tidak hanya jadi buah musiman mahal, tapi bisa jadi komoditas ekspor. Sehingga dapat menaikkan daya saing buah lokal vs buah impor.

4. Mendukung Kedaulatan Pangan dan Ekonomi Daerah

Ketahanan buah lokal artinya kita tidak tergantung buah impor. Kalau Kalimantan punya sentra lai yang produktif, maka:Kebutuhan buah di Kaltim bisa dipenuhi dari dalam, Terbuka lapangan kerja: pembibitan, budidaya, pengolahan, wisata agro dan menambah PAD juga akan mensejahterakan petani.

5. Menjadi Ciri Khas dan Identitas Daerah

Pemuliaan juga berperan dalam "branding". 3 varietas lai sudah dirilis resmi. Ke depan bisa dikembangkan lagi varietas dengan ciri spesifik. Ini menjadikan lai sebagai ikon buah Kalimantan, sama seperti Salak Pondoh untuk Jogja atau Mangga Gedong Gincu untuk Cirebon.

Pemuliaan *D. kutejensis* menjadi jembatan antara konservasi dan komersialisasi. Tanpa pemuliaan, lai akan tetap langka. Dengan pemuliaan, lai bisa lestari, produktif, dan menjadi tulang punggung ketahanan buah lokal Kalimantan.

I. STRATEGI PEMULIAAN TEHNIK IN VIVO dan IN VITRO

Permasalahan utama pengembangan *D. kutejensis* adalah terbatasnya ketersediaan bibit berkualitas. Tanaman ini belum banyak dibudidayakan seperti durian. Pengetahuan tentang teknik propagasi masih terbatas, dan sifat recalcitrant pada biji menyebabkan biji tidak dapat disimpan lama. Perbanyakkan generatif juga menghasilkan keturunan yang sifatnya tidak sama dengan induk. Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan dua strategi pemuliaan:

1. Strategi In Vivo: Okulasi dan Grafting

Perbanyakkan vegetatif adalah solusi jangka pendek. Teknik okulasi dan sambung pucuk dapat memperbanyak pohon induk unggul dalam jumlah besar dan waktu cepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa okulasi memiliki tingkat keberhasilan 92-94% pada 3 varietas lai, lebih tinggi dibanding grafting.

2. Strategi In Vitro: Kultur Jaringan

Kultur jaringan merupakan alternatif untuk perbanyakan massal dan konservasi plasma nutfah. Teknik mikropropagasi pada tanaman berkayu memang memiliki tantangan tinggi karena eksplan sering mengeluarkan senyawa fenol penyebab pencoklatan. Namun, hasil penelitian kami membuktikan bahwa media MS yang disuplementasi GA3 1 ppm + BAP 3 ppm mampu menekan pencoklatan dan menghasilkan pertumbuhan tunas optimal dengan panjang 3,34 cm. Integrasi kedua teknik ini akan menjamin ketersediaan bibit unggul secara berkelanjutan, dari skala laboratorium hingga skala petani.

Permasalahan utama yang dihadapi dalam pengembangan potensi tanaman *D. kutejensis* adalah jumlah ketersediaan bibit yang berkualitas masih terbatas. Tanaman *D. kutejensis* belum banyak dibudidayakan seperti halnya durian. Bibit varietas unggul dan klon unggul pohon induk tanaman yang tersedia juga sangat terbatas. Pengetahuan akan cara propagasi dari tanaman *D. kutejensis* juga masih sangat terbatas, kegiatan budidaya dari tanaman ini masih menjadi masalah. Awal berbuah tanaman dari sejak ditanam sampai berbuah juga memerlukan waktu yang cukup lama, sifat hasil turunan juga baru diketahui setelah tanaman berbuah. Faktor penyakit juga merupakan salah satu penyebab mengapa para petani buah enggan menanam tanaman ini. Tanaman yang ada merupakan tanaman hasil turun temurun atau tumbuh liar alami. Hanya sebagian kecil yang sudah diusahakan dalam bentuk tanaman pekarangan (Susiloadi dkk., 1994). Propagasi tanaman *D. kutejensis* dapat dilakukan secara generatif namun sifat recalcitrant pada biji yang menyebabkan biji tidak dapat disimpan lama. Biji akan segera tumbuh menjadi tanaman baru namun kelemahannya sifat tanaman dan hasil dari turunannya belum tentu sama dengan

tanaman induknya atau belum tentu sesuai dengan hasil bibit yang diinginkan (Chin dkk., 1988).

Pemuliaan tanaman melalui kultur jaringan merupakan alternatif dan upaya pengembangan tanaman secara *in vitro*. Propagasi *in vitro* atau mikropopagasi melalui kultur jaringan khususnya pada tanaman berkayu memang masih belum banyak dilakukan, dikarenakan tingkat kesulitan yang tinggi (Giri dkk., 2004). Eksplan tanaman berkayu seringkali mengeluarkan senyawa fenol penyebab terjadinya pencoklatan (Tang dan Newton, 2004).

J. KESIMPULAN

Sebagai penutup, saya ingin menegaskan Kalimantan memiliki kekayaan plasma nutfah Durio yang luar biasa. Namun kekayaan ini menghadapi ancaman erosi genetik akibat alih fungsi lahan dan keterbatasan upaya konservasi. Oleh karena itu strategi konservasi yang terintegrasi antara *in situ*, *ex situ*, dan pemanfaatan melalui pemuliaan menjadi sangat mendesak.

Durio *kutejensis* memiliki prospek pengembangan yang sangat besar. Kendala utama berupa keterbatasan bibit unggul, sifat musiman, dan kualitas yang beragam dapat diatasi melalui peran pemuliaan. Pemuliaan tidak hanya menjaga kelestarian plasma nutfah, tetapi juga menyediakan bibit seragam, meningkatkan produktivitas, dan menjadikan lai sebagai komoditas yang berdaya saing.

Transformasi pemuliaan di era biologi modern menuntut kita untuk berpikir lebih luas. Bukan hanya memproduksi buah, tetapi juga mengembangkan produk hilir berbasis metabolit sekunder, membangun sistem perbibitan, dan melakukan digitalisasi data plasma nutfah.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartati, R. S., & Mansur, I. (2021). Conservation and breeding strategies for endemic *Durio* species in Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(8), 3341-3350. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220835>
- Kumar, V., & Thomas, T. D. (2022). Micropropagation of woody species: Current challenges and biotechnological solutions. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 149(2), 245-268. <https://doi.org/10.1007/s11240-021-02201-7>
- Singh, A., & Sharma, R. (2023). Advances in vegetative propagation of tropical fruit crops for clonal fidelity. *Horticultural Reviews*, 51, 1-45. <https://doi.org/10.1002/9781119814895.ch1>
- Lee, S. H., & Park, Y. B. (2024). Secondary metabolites as selection markers in fruit tree breeding programs. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1324789. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1324789>
- Dewi, N. K., & Arumingtyas, E. L. (2025). In vitro propagation and genetic stability of Indonesian indigenous fruit trees. *Indonesian Journal of Biotechnology*, 30(1), 12
- Maxted, N., & Kell, S. (2021). The role of botanic gardens and arboreta in the conservation of crop wild relatives. *Plants*, 10(12), 2661. <https://doi.org/10.3390/plants10122661>
- Panis, B., & Nagel, M. (2022). Cryopreservation of tropical fruit species: A review of current status and future prospects. *CryoLetters*, 43(3), 145-156.
- Santoso, P. J., & Sulistyono, E. (2023). Vegetative propagation techniques for improving fruit crop productivity in Indonesia. *Journal of Tropical Horticulture*, 6(2), 78-89. <https://doi.org/10.33089/jthur.v6i2.125>
- FAO. (2023). *The State of the World's Forest Genetic Resources 2023*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Widiastuti, A., & Lestari, D. (2024). In vitro conservation and genetic stability of tropical fruit germplasm. *Sains Malaysiana*, 53(4), 901-915. <https://doi.org/10.17576/jsm-2024-5304-12>
- Roshetko, J. M., & Nugraha, E. (2021). Community-based tree nursery and seed system for agroforestry development. *Agroforestry Systems*, 95(5), 891-904. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00572-3>
- Kementerian Pertanian. (2022). *Roadmap Pengembangan Buah-buahan Unggulan Nasional 2022-2026*. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura.
- IPB University. (2023). *Laporan Akhir: Karakterisasi Plasma*

- Nutfah Durio di Kalimantan. Bogor: Pusat Kajian Buah Tropika IPB.
- Bappenas. (2024). Strategi Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati Indonesia 2024-2029. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.
- BRIN. (2025). Inovasi Bioteknologi untuk Konservasi dan Pemuliaan Tanaman Tropis. Jakarta: Badan Riset dan Inovasi Nasional.
- Tester, M., & Langridge, P. (2021). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science*, 372(6541), 592-594.
<https://doi.org/10.1126/science.abc7418>
- Varshney, R. K., et al. (2022). The future of plant breeding: genomic and systems approaches. *Nature Reviews Genetics*, 23(9), 505-519.
<https://doi.org/10.1038/s41576-022-00478-2>
- Purwanto, B., & Wibowo, A. (2023). Biotechnology applications for tropical fruit improvement in Indonesia. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 25(3), 567-580.
- Li, Z., & Trick, H. N. (2024). Advances in plant tissue culture for conservation and crop improvement. In *Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 60(1), 1-15.
<https://doi.org/10.1007/s11627-023-10389-1>
- Puslitbang Hortikultura. (2025). Strategi Inovasi Hortikultura Berbasis Bioekonomi Sirkular. Jakarta: Badan Litbang Pertanian, Kementan.
- Laurance, W. F., et al. (2021). The 21st century biodiversity crisis: Averting a sixth mass extinction. *Biological Conservation*, 256, 109069.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109069>
- World Bank. (2022). Indonesia Biodiversity: Landscape of Opportunity for Green Growth. Washington DC: The World Bank.
- Primack, R. B., & Corlett, R. T. (2023). Tropical Rain Forests: An Ecological and Biogeographical Comparison. 3rd Ed. Wiley-Blackwell.
- BRIN. (2024). Peta Jalan Riset Keanekaragaman Hayati Indonesia 2024-2045. Jakarta: Badan Riset dan Inovasi Nasional.
- Susanto, A., & Rahayu, S. (2025). Ethnobotany and domestication potential of wild Durio species in Borneo. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 21(1), 15.
<https://doi.org/10.1186/s13002-025-00712-8>
- Rizal, M., et al. (2015). Karakterisasi buah lai (*Durio kutejensis*) di Kalimantan Timur. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 6(2), 112-119.
- Krismawati, A., & Sabran, M. (2003). Potensi dan kendala pengembangan buah-buahan lokal Kalimantan. *Jurnal*

- Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 22(4), 145-152.
- Susiloadi, B., et al. (1994). Inventarisasi plasma nutfah durian dan kerabatnya di Kalimantan. *Buletin Plasma Nutfah*, 2(1), 1-8.
- Chin, H. F., et al. (1988). Recalcitrant seed biology and storage. *Seed Science and Technology*, 16(1), 1-15.
- Giri, C. C., et al. (2004). Micropropagation of woody plants. In *Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 40(4), 354-365.
- Tang, W., & Newton, R. J. (2004). Polyphenol oxidation in plant tissue culture. *Plant Cell Reports*, 23(7), 457-464.
- Kusuma R., Kustiawan W., Sukartiningsih, Ruchaemi A. (2016). Sterilization Method For In Vitro Propagation Explant Embryo Of *Durio kutejensis* (Hassk.) and Becc From Kalimantan. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 5(10), 179-184.
- Nugroho, C. C., Sundari, S., & Asabah, A. H. (2018). Studi Pertumbuhan Okulasi Bibit Lai (*Durio kutejensis* Hassk. Becc) Varietas Mahakam. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*
- Fitriyanto, et al. (2019). Pengaruh Umur Batang Bawah Terhadap Pertumbuhan Mata Tunas Pada Okulasi Tanaman Lai (*Durio kutejensis*). Repository UBT jurnal.unpad.ac.id/ojs.uniska-bjm.ac.id/repository.ubt.ac.id



UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, Sehat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan orasi pengukuhan Guru Besar ini.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, perkenankan saya menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada Pemerintah Republik Indonesia, yaitu Menteri Pendidikan Tinggi, Kebudayaan Riset, dan Teknologi Republik Indonesia beserta jajarannya, atas pemberian penghargaan tertinggi yang diberikan kepada saya, sebagai Guru Besar pada bidang Pemuliaan Tanaman. Ucapan terima kasih serta salam hormat, saya sampaikan kepada Rektor Universitas Mulawarman, Bapak Prof. Dr. Ir. H. Abdunnur, M.Si., IPU, Bapak Ketua, Sekretaris dan Bapak/Ibu Wakil Rektor I, II, III dan IV, dan Bapak/Ibu anggota senat Universitas Mulawarman, Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat FMIPA, yang telah menjadi teladan, mitra diskusi, dan keluarga selama ini, Para Guru Besar, Dosen, Staf Tendik FMIPA. Seluruh civitas akademika Universitas Mulawarman yang telah memberikan dukungan, pada sehingga terlaksananya pengukuhan ini.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada panutan pendiri FMIPA Universitas Mulawarman Prof. Dr. Drs. Sudrajat SU (Alm) dan Dra. Sudiastuti SU (Almh) atas segala dukungan dan motivasi yang diberikan sehingga saya dapat mencapai gelar tertinggi dalam karier di Perguruan Tinggi. Kepada Bapak/Ibu Wakil Dekan 1 FMIPA Dr. Dadan Hamdani M.Si., WD 2 FMIPA Prof. Dr. Soerja Koesnarpadi M.Si., WD3 FMIPA Prof. Dr. Darnah Andi Nohe M.Si., Ketua, Sekretaris dan seluruh anggota Senat FMIPA. Ketua Jurusan Biologi Dr. Nova Hariani M.Si., Sekretaris Jurusan Dr.

Fatmawati Patang M.Si, bapak ibu dosen di Jurusan Biologi FMIPA dan kepada Prof. Rudy Agung Nugroho, Ph.D., Prof. Dr. Hetty Manurung, S.Si., M.Si., Tim Peneliti, Mahasiswa Bimbingan, rekan sejawat yang telah bersama-sama bekerja dalam penelitian, sangat membantu pencapaian ini.

Dan yang paling utama, dengan penuh rasa Syukur, bangga, cinta dan hormat, saya sampaikan terima kasih sedalam-dalamnya kepada Kedua Orang Tua H. Rudjeham (Alm) dan ibunda Hj, Banun yang tidak pernah berhenti berdoa dengan tulus ikhlas memberikan doa, dukungan, dan pengorbanan tanpa batas bagi kebaikan saya. Jenjang karir tertinggi dan gelar yang saya peroleh berkat doa, dukungan, ketabahan, kesabaran serta pengertian dari suami tercinta Drs. H. Rizali Irawan M.Si. bersama Anak-anakku terkasih Angga Pradystya Utama, ST dan Mey Phanurani Yolanda Putri, S Farm. Apt., Drg. Farasaty Utami, Sp.Pros dan drg. Danang Priyo Utomo, M.Ked.Klin.,Sp.BM yang menemani hidup kami dalam suka dan duka hingga meraih keberhasilan ini mencapai pendidikan tertinggi dan berkiprah di dunia akademik, dan kepada adik-adik saya Agus Jaya Putra, SE., Hendra Jaya. SE, Rikawaty, S.Sos., Maulina, SE, Nurul Hidayah, SP dan Muslim Gunawan, SS beserta keluarganya dan seluruh keluarga besar adik suami saya.

Terima kasih juga saya sampaikan kepada guru guru dan teman-teman di SD Pertamina III, Balikpapan, SMP Pertamina II Balikpapan, dan SMAN 1 Balikpapan. Pembimbing dan Dosen S1 di PMIPA Biologi FKIP UNMUL. Kepada pembimbing S2 di Fakultas Farmasi, Biologi Farmasi UNAIR Prof. Gunawan Indrayanto, Prof. Dr. H. Achmad Syahrani. Dan kepada promotor S3 di Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman Prof. Dr. Ir. Wawan Kustiawan, M.Agr. Sc. Prof. Dr. Ir. Afif Ruchaemi M.Agr., Prof. Ir Sukartiningsih, M.Sc., Ph.D yang telah membimbing dan selalu memberi motivasi bagi

keberhasilan saya. Trimakasih atas doa dan supportnya sahabat seperjuangan S2 Evi Ratna Sari M.Si dan teman teman seperjuangan S3.

Saya menyadari orasi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan demi kemajuan ilmu pengetahuan. Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa meridhai setiap langkah kita dalam mengabdikan ilmu untuk bangsa dan negara. "Melestarikan Plasma Nutfah, Memuliakan Buah " Semoga setiap butir ilmu yang saya sampaikan hari ini dapat menjadi benih kebaikan yang tumbuh, berbuah, dan bermanfaat bagi Kalimantan, bagi Indonesia, bagi dunia

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi.



CURRICULUM VITAE

Nama : **Ratna Kusuma**
NIP : 196304161989032001
NIDN : 0016046303
Tempat, Tanggal
Lahir : Balikpapan, 16 April 1963
Agama : Islam
Email : ratna.kusuma@fmipa.unmul.ac.id
No HP : +62 822-5130-2220
Program Studi : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)
Pangkat, Gol. : Pembina Utama madya /IV D
Jabfung, TMT : Guru Besar 01 Januari 2026
ID SINTA : 6671958
ID SCOPUS : 57981047100

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sarjana (S1) FKIP PMIPA Universitas Mulawarman, Samarinda (1982)
2. Magister (S2) Fakultas Farmasi, Biologi Farmasi Universitas Airlangga, Surabaya (2000)
3. Doktor (S3) Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda (2016)

PENGALAMAN MENGAJAR

Pemuliaan Tanaman, Kultur Jaringan Tanaman, Budidaya tanaman Industri, Tanaman Obat, Morfologi Tanaman

RIWAYAT PENELITIAN

1. (2026) Hidrolisat Protein Maggot (*Hermetia illucens*) Sebagai Stimulator Pertumbuhan, Enzim Antioksidan Dan Imunomodulator *Mus musculus*

- (Ketua Peneliti). Kemendiktisaintek. Rp. 119.710.000.
2. (2026) Biofilm Kitosan Dan Nanokitosan Dari Cangkang Pupa Bsf (*Hermetia illucens* L.) Sebagai Media Rekayasa Jaringan Dalam Penyembuhan Luka (Anggota Peneliti). Kemendiktisaintek. Rp. 128.100.000.
 3. (2025) Addressing Food Security Based on Local Genetic Resources and Local Wisdom (Anggota Peneliti). Kerjasama Luar Negeri INUCOST. Rp. 1.677.089.000.
 4. (2025) Biofilm Kitosan Dan Nanokitosan Dari Cangkang Pupa BSF (*Hermetia illucens* L.) Sebagai Media Rekayasa Jaringan Dalam Penyembuhan Luka (Anggota Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 148.100.000.
 5. (2024) Uji Efektifitas Sediaan Madu Lebah Kelulut (*Heterotrigona itama*) Dan Minyak Zaitun (*Olea europaea*) Terhadap Penyembuhan Luka Sayat Mencit (*Mus musculus*) (Anggota Peneliti). PNPB Rp. 12.000.000.
 6. (2024) Mikro/Nano Kitosan Cangkang Pupa Maggot sebagai Suplemen Pakan Ikan: Uji Aktivitas Antioksidan dan Profil Hematologi Ikan Lele Sangkuriang (Ketua Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 31.560.000.
 7. (2024) Protein defatted maggot sebagai bahan dasar pakan hewan: Uji aktivitas enzim antioksidan, profil darah dan histologi sistem pencernaan mencit (Ketua Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 108.070.000.
 8. (2023) Anti-Angiogenik Nanopartikel Daun Tabat Barito (*Ficus Deltoidea* Jack) Pada Membran Korio Alantois Embrio Ayam Diinduksi Basic Fibroblast Growth Factor (Bfgf). (Ketua Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 182.000.000.
 9. (2023) Sumber Minyak Alternatif Pengganti Minyak Ikan Dari Minyak Maggot Yang Ditumbuhkan Pada Media Limbah Kelapa Sawit

- Bersuplemen Fruktosa (Anggota Peneliti).
Kemendikbudristek. Rp. 124.035.000.
10. (2023) Eksplorasi Metabolit Sekunder Buah Merkabung (*Macaranga Gigantea* (Rchb.F. & Zoll) Müll.Arg) Yang Berpotensi Sebagai Sumber Bahan Obat Alami (Anggota Peneliti). PNBPNP. Rp. 15.000.000.
 11. (2022) Anti-Angiogenik Nanopartikel Daun Tabat Barito (*Ficus Deltoidea* Jack) Pada Membran Korio Alantois Embrio Ayam Diinduksi Basic Fibroblast Growth Factor (Bfgf). (Ketua Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 173.500.000.
 12. (2022) Sumber Minyak Alternatif Pengganti Minyak Ikan Dari Minyak Maggot Yang Ditumbuhkan Pada Media Limbah Kelapa Sawit Bersuplemen Fruktosa (Anggota Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 96.600.000.
 13. (2022) Pilot Proyek Budidaya Maggot Di Pt. Berkah Salama Jaya, Sentra Penggemukan Sapi, Loa Janan, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur (Anggota Peneliti). Kedaireka Kemendikbudristek. Rp. 941.270.000.
 14. (2022) Uji Potensi Ekstrak Daun Tanikkara (*Dillenia Excelsa* (Jack) Martelli Ex Gilg) Sebagai Antibakteri Dan Antioksidan Alami (Anggota Peneliti). PNBPNP. Rp. 18.000.000.
 15. (2021) Toksisitas Akut Dan Subkronik Ekstrak Etanol Daun Tabat Barito (*Ficus deltoidea* Jack) Dan Efeknya Terhadap Sistem Reproduksi Mencit Jantan (*Mus musculus* L) (Anggota Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 193.900.000.
 16. (2021) Ekstrak Beberapa Tumbuhan Tropis Kalimantan Timur Sebagai Bahan Pembuatan Nanopartikel Perak dan Uji Kemampuan sebagai Antibakteri, Sitotoksik dan Penyembuh Luka (Anggota Peneliti). Kemendikbudristek. (Rp. 184.657.000).
 17. (2021) Pengaruh ekstrak air daun Mekka terhadap aktivitas antioksidan, kondisi biokimia

- dan hormone testosterone testis mencit (Ketua Peneliti). PNPB. (Rp. 29.000.000).
18. (2019) Toksisitas Akut Dan Subkronik Ekstrak Etanol Daun Tabat Barito (*Ficus deltoidea* Jack) Dan Efeknya Terhadap Sistem Reproduksi Mencit Jantan (*Mus musculus* L) (Anggota Peneliti). Kemenristek. Rp. 170.150.000.
 19. (2019) Ekstrak Metanol Daun Tabat Barito (*Ficus Deltoidea* Jack) Sebagai Bahan Dasar Salep Luka Sayat:Uji In Vivo Pada Hewan Mencit (*Mus Musculus*) (Ketua Peneliti). IsDB. Rp. 53.000.000.
 20. (2019) Analisis Potensi Tumbuhan Endemik Jahe Balikpapan (Etlingera Balikpapanensis A. D. Poulsen) Sebagai Antioksidan (Anggota Peneliti). IsDB. Rp. 40.000.000.

RIWAYAT PENGABDIAN MASYARAKAT

1. Hamdani D, Sahara HI, **Kusuma R** (2026) Penerapan dan Edukasi Solar Home System (SHS) untuk Meningkatkan Akses Energi Listrik bagi Masyarakat Pesisir di Desa Pantuan Kecamatan Anggana, Kabupaten Kutai Kartanegara (Anggota Program). Kemenristek/BRIN. Rp. 44.680.000
2. R Kusuma, R Wulansari, A Bella, SA Raihan, ASP Jarkasih, A Abhinaya (2025) Community Development in Lamaru through Education, Socialization, and Digitalization: DESAMU: Prosiding Diseminasi KKN Universitas Mulawarman 1 (1), 492-504,
3. **R Kusuma**, S Samsurianto, ATR Dani, D Darnah (2025). Strategi jitu menjadikan sambal tiram Tabalar mendunia untuk meningkatkan kesejahteraan Masyarakat SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan 9 (3), 1129-113
4. **R Kusuma** (2025) Pemberdayaan masyarakat Lamaru melalui Edukasi, Sosialisasi dan digitalisasi, Kelurahan Lamaru, Kota Balikpapan

- (Ketua). Hibah DPL KKN Universitas Mulawarman. Rp. 5.000.000,-
5. **R Kusuma**, S Samsurianto, D Darnah, ATR Dani (2025). Peran edukasi dalam menjaga kebersihan dan kesehatan gigi anak di masyarakat. SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan 9 (3), 1093-1098
 6. (2024) Teknik penggunaan, Pengenalan Mikroskop dan Pengamatan Sel kepada Guru Guru IPA dan Siswa/I Di SMP N 5 Samarinda Kalimantan Timur (Sebagai Anggota) PNBP Rp. 6.000.000,-
 7. (2022) Pengembangan Vertikultur Upaya Pemberdayaan Ibu-ibu Rumah tangga Di Kelurahan Gn. Kelua Samarinda (Solusi Budidaya Tanaman Vertikal di lahan Sempit). (Ketua) PNBP Rp. 15.000.000,-

RIWAYAT PUBLIKASI INTERNASIONAL

1. **Kusuma,R.**, Wulandari, T.M., Lariman, L., Samsurianto, S., Nugroho, R.A., Manurung, H., Aryani, R., Rudianto, R. 2025. Sustainable Biorefinery: Biomass Solutions for Energy, Environment and Food Evaluating constraints and prospects of black soldier fly frass for sustainable *Coelogyne pandurata* acclimatization. *Asian Journal of Agriculture*. 9(1).
2. ATR Dani, FB Putra, M Fauziyah, **R Kusuma**, H Koirudin, CZ Oroh (2025) Interval Estimation in Truncated Spline Regression: Analyzing the 2023 Indonesian Democracy Index. *Science & Technology Asia*, 112-125
3. Manurung, H., Susanto, D., **Kusuma, R.**, Nugroho, R.A., Aryani, R., Setiawan, A. 2024. Allelopathic effects of lai (*Durio kutejensis* Hassk. Becc) leaf extract, on germination and early growth of weeds and crops. *Allelopathy Journal*. 63 (1). .

4. Manurung, H., Susanto, D., Kusumawati, E., Aryani, R., Nugroho, R.A., **Kusuma, R.**, Rahmawati, Z., Sari, R.D. (2022). Phytochemical, GC-MS analysis and antioxidant activities of leaf methanolic extract of Lai (*Durio kutejensis*), the endemic plant of Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 23(11).
5. R Munir, D Hamdani, E Marliana, R Munir, SH Intifadhah, **R Kusuma** (2025) The Solid State Dispersion method for Synthesizing Eggshells ES/TiO₂ Composite to Enhance Photocatalytic Degradation Methylene Blue. *MethodsX*, 103150
6. R Munir, D Hamdani, Darnah, **R Kusuma**, E Marliana, SH Intifadhah (2026) Utilizing Eggshell Waste to Develop Composite Materials for Sustainable Water Purification Sustainable Biorefinery: Biomass Solutions for Energy, Environment and Food, 2026
7. D Hamdani, R Munir, AI Natalisanto, AR Ummah (2026) Optimization of (p-i1-i2-n)a-Si:H solar cell interfaces: an integrated AFORS-HET and Taguchi design of experiments study. *World Journal of Engineering*, 1-15

RIWAYAT PUBLIKASI NASIONAL

1. Kurniati, R., Muhti'ah, N.A., Aryani, R., Nugroho, R.A., **Kusuma, R.**, Lariman, L., Ilmi, A.N. (2026). Phytochemical characterization and antihyperglycemic activity of kemumu (*Colocasia gigantea* Hook. f.) leaf stalk juice in glucose-loaded mice (*Mus musculus* L.). *Jurnal Biologus: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi dan Biologi*. 9(1).
2. AS Pujiyanti, N Florenika, **R Kusuma**, RA Nugroho, H Manurung, R Aryani (2026) Diseminasi Kombucha Bunga Telang dan Kombucha Teh sebagai Upaya Pemberdayaan Pangan Fungsional Ibu Rumah Tangga di Desa Semayang, Kutai Kartanegara: Pengabdian. *Jurnal Biologus: Jurnal*

- Penelitian Pendidikan Biologi dan Biologi 9 (1), 151-159
3. RA Nugroho, **R Kusuma**, R Aryani, H Manurung, Rudianto, N Mardianto (2026) Black Soldier Fly Larvae: A Potential Biomass for Sustainable Biofuel, Feed, and Medicine. Sustainable Biorefinery: Biomass Solutions for Energy, Environment and Food. Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan 5 (1), 1032-1038, 2026
 4. **R Kusuma**, ATR Dani, R Munir, SN Maulida, SM Rahma (2025). Multidisciplinary approach to in vitro propagation of *Coelogyne pandurata* Lindl. from Kalimantan: synergistic effects of naphthalene acetic acid and yeast extract with a Commun. Math. Biol. Neurosci., Article ID 105J
 5. E Priyaningsih, E Yuliatin, R Kusuma (2025). Potensi Cell Free Supernatant Dari Konsorsium Rhizobakteri Lokal Sebagai Biostimulator Pertumbuhan Aklimatisasi Anggrek Kelip (*Phalaenopsis bellina*). Prosiding Seminar Nasional Biologi 4, 1-13
 6. DP Suryanto, **R Kusuma**, L Lariman (2025) Kombinasi Media Tanam dan Konsentrasi Pupuk Daun Pada Aklimatisasi Pertumbuhan *Dendrobium anosmum* Lindl Hasil Kultur In Vitro. Prosiding Seminar Nasional Biologi 4
 7. H Hildah, **R Kusuma**, L Lariman (2025) Pertambahan jumlah daun anggrek hitam (*Coelogyne pandurata*) dengan stimulator kitosan pupa maggot (*Hermetia illucens*) secara in vitro. Prosiding Seminar Nasional Biologi 4, 1-8
 8. **R Kusuma** (2019) Pengaruh Ekstraksi Biji dan Kombinasi Media Tanam Terhadap Penyemaian Laban (*Vitex pinnata* L. Kuntze). Al- Kauniyah. Jurnal Biologi
 9. **R Kusuma**, S Salsabila, S Samsurianto, E Yuliatin(2023). Efektivitas Ekstrak Pisang Ambon dan Air Kelapa untuk Menstimulasi Pertumbuhan Tunas Anggrek Kelip (*Phalaenopsis bellina*): Efektivitas

- Ekstrak Pisang Ambon dan Air Kelapa. BIOPROSPEK: Jurnal Ilmiah Biologi 15 (1), 16-22.
10. **Kusuma R.** S. Samsurianto, W. Azizah, E. Yuliatin (2023). Respon Pertumbuhan Protocorm Like Bodies (PLB) Anggrek Tebu (*Grammatophyllum scriptum* Blume) terhadap Modifikasi Media Murashige and Skoog (MS) secara In Vitro. Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian 11 (1), 42-50,
 11. **R Kusuma**, S Sudrajat, R Kartika (2019) Prospek pengembangan kalus sirih hutan (*Piper aduncum* L) sebagai bahan larvasida nyamuk *Aedes aegypti*. Proseding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah 4 (1), 72-77.

KARYA BUKU

1. Steffanie Nurliana, Sumarmi, Yanti Puspita, Nintya Lestari, Yusnaeni Yusuf, Yulita Nurcahyati, Eni Suwarsi Rahayu, jujun Ratnasari, Einstivina Nuryandani, Sang Ketut Sudirga, Noor Aini Habibah, Yustinus Ulung Angraito, **Ratna Kusuma**, Ellok Dwi Sulis 2026 Kultur jaringan Tumbuhan Deepublish |222 Page
2. Dr.Dra **ratna kusuma** M.Si. 2025 Pengembangan in vitro lai *Durio kutejensis* DEEPUBLISH |113 Page
3. Nugroho, RA., **Kusuma, R.**, Aryani, R., Manurung, H., Rudianto, R., Mardianto, N., Kholifah, A.N., Jannah, R. 2025. Book Chapter Sustainable Biorefinery Biomass Solutions for Energy, Environment and Food. *Black Soldier Fly Larvae: A Potential Biomass for Sustainable Biofuel, Feed, and Medicine*. ISBN 978-981-95-8180-1.
4. Nugroho, R.A., **Kusuma, R.**, Aryani, R., Manurung, H., Susilowati, I.T., Papriani, N.P., Chalisty, V.D., Arif, M.F., Samsurianto, S. 2025. *Biokimia Dasar 2*. PT. Penerbit Qriset Indonesia. ISBN: 978-634-7048-68-4.
5. Alamsyah, Ratna Kusuma, Muhammad Arifin, Muliati, Desi Yuniarti. 2025 Indonesia Emas:

Mewujudkan Smart village Di KalTim melalui Implementasi Multidisiplin

6. Mislan, Monica Kusneti, Suimah, Linda, Yaskinul Anwar, **Ratna Kusuma**. 2025 Mengenal Lahan Basah Mesangat Suwi Media Nusa Creative | 64 Page

RIWAYAT HKI (HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL)

1. (2024) Inventarisasi Rencana aksi daerah Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK) Kabupaten Kutai Kartanegara , EC00202502888
2. Pembuatan Pupuk Organi Cair Di Desa Muara Siran Kecamatan Muara Kaman, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, EC00202425377

RIWAYAT JABATAN

1. Pembantu Dekan II up. Fakultas MIPA Universitas Mulawarman (2001-2005)
2. Pembantu Dekan II up. Fakultas MIPA Universitas Mulawarman (2005-2006)
3. Wakil Dekan II Fakultas MIPA Universitas Mulawarman (2006-2009)
4. Wakil Dekan I Fakultas MIPA Universitas Mulawarman (2010-2013)
5. Kepala Laboratorium Kultur Jaringan Fakultas MIPA Universitas Mulawarman (2019-2022)
6. Dekan Fakultas MIPA Universitas Mulawarman (2022-2026)



UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. Muhammad Ramli Buhari, S.Pd., M.Pd.

TRANSFORMASI DIGITAL DALAM MANAJEMEN
PENDIDIKAN JASMANI DAN OLAHRAGA:
INTEGRASI DIGITAL SPORT MANAGEMENT
FRAMEWORK DAN MODEL KOLABORATIF
BERBASIS BUKTI UNTUK IDENTIFIKASI BAKAT
BERKELANJUTAN

24 September 2026
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. Muhammad Ramli Buhari, S.Pd., M.Pd.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR	ii
DAFTAR ISI	iii
SINOPSIS	1
A. Pendahuluan	2
B. Pendekatan Pemecahan Masalah	5
C. Implementasi Empiris: TIDev dan Bukti Dari Lapangan Kutai Timur	8
D. Kesimpulan	12
DAFTAR PUSTAKA	13
UCAPAN TERIMA KASIH	18
CURRICULUM VITAE	21

SINOPSIS

**Prof. Dr. Muhammad Ramli Buhari, S.Pd., M.Pd.
Guru Besar Bidang Manajemen Penjas dan Olahraga.**

Naskah orasi ilmiah ini merupakan sintesis dari dua fase perjalanan akademik saya. Fase pertama adalah pengembangan kerangka filosofis dan konseptual yang saya sebut ***Digital Sport Management Framework***, sebuah kerangka manajemen Penjas dan Olahraga yang terdiri dari lima komponen utama. Fase kedua adalah pengujian empiris kerangka tersebut dalam konteks spesifik identifikasi bakat olahraga melalui penelitian yang telah dipublikasikan pada *Journal of Coaching and Sports Science* Volume 4 Issue 2 Tahun 2025 berjudul '***Digital Technology and Local Policy: An Evidence-Based Collaborative Model for Sports Talent Identification***' (DOI: 10.58524/jcss.v4i2.903).

Dalam orasi ini, saya memadukan keduanya: Framework pertama menjadi payung besar, sedangkan Model Kolaboratif Berbasis Bukti dengan ***Talent Identification Development (TIDev)*** menjadi bukti empiris bahwa transformasi digital membutuhkan tidak hanya teknologi, tetapi juga tata kelola kebijakan daerah yang operasional. Temuan tentang *Policy-Practice Gap* dengan validasi I-CVI 0.88 menjadi inti argumentasi orasi ini.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah, yang berjudul: **Transformasi Digital dalam Manajemen Penjas dan Olahraga: Integrasi Digital Sport Management Framework dan Model Kolaboratif Berbasis Bukti untuk Identifikasi Bakat Berkelanjutan.**

A. Pendahuluan

Pendidikan jasmani dan olahraga memiliki peran strategis dalam pembangunan SDM. Ia tidak hanya mengembangkan kebugaran fisik, tetapi juga membentuk karakter, disiplin, kerja sama, serta nilai-nilai sportivitas. Dalam konteks pendidikan modern, Penjas menjadi instrumen penting membangun generasi yang sehat, aktif, dan produktif.

Salah satu upaya meningkatkan prestasi atlet suatu negara adalah pemetaan dan identifikasi bakat olahraga sejak dini. Di era digital saat ini, integrasi teknologi dalam proses tersebut menjadi semakin penting untuk memastikan identifikasi dan pembinaan atlet yang efektif dan efisien. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dapat membantu mengidentifikasi bakat secara lebih akurat melalui data berbasis kecerdasan buatan dan algoritma pembelajaran mesin (Munoz-Macho et al., 2024; Rahmani et al., 2024; Reis et al., 2024). Dengan pemanfaatan teknologi, potensi atlet dapat dioptimalkan untuk memenuhi standar kompetisi internasional.

Transformasi digital telah menggeser paradigma identifikasi bakat olahraga dari penilaian subjektif berbasis intuisi pelatih menuju sistem berbasis data yang objektif, terstandarisasi, dan dapat diinterpretasikan secara visual. Bukti terbaru menunjukkan bahwa *Talent Identification Development* (TIDev) memberikan kontribusi substansial dalam meningkatkan konsistensi keputusan pembinaan melalui output yang terstandarisasi (Buhari, 2024; Buhari et al., 2024; Marsuki et al., 2025). Evolusi ini sejalan dengan systematic review 1976-2024 yang mendokumentasikan pergeseran indikator *Talent Identification Development* (TID) di beberapa negara dari pengukuran antropometrik tradisional menuju integrasi inovasi teknologi, kerangka kebijakan, dan

konteks budaya (Gong, Jiang, et al., 2026). Di sisi lain, integrasi *Machine Learning* dan kerangka IoT/FOG telah memperluas cakupan TID melalui profiling morfologis dan deteksi spesialisasi dini (Contreras-García et al., 2024; Khan et al., 2022). Namun, review terhadap 44 studi AI dalam berbagai cabang olahraga mengingatkan bahwa evaluasi berbasis algoritma berpotensi mengabaikan elemen kontekstual lokal dan memicu bias operasional jika tidak melibatkan pemangku kepentingan (Elstak et al., 2024). Oleh karena itu, otoritas dan pembuat kebijakan olahraga perlu menyusun regulasi tata kelola data yang adaptif, di mana standarisasi teknologi TID wajib diintegrasikan dengan kearifan lokal pelatih daerah guna memastikan proses pembibitan atlet yang adil dan inklusif.

Kolaborasi *stakeholder* menjadi determinan yang tidak kalah penting. Implementasi efektif mensyaratkan kebijakan berbasis bukti dan kemitraan publik-swasta yang terstruktur (Tomcikova & Coculova, 2025), namun studi tentang peran tata kelola organisasi menemukan bahwa kurangnya pemahaman sistematis membatasi konektivitas intersektoral pada jalur prestasi muda (Brazier et al., 2025). Dalam pendidikan jasmani, persepsi guru dan pelatih terhadap sistem identifikasi dipengaruhi oleh peran profesional dan pengalaman praktis, sehingga kolaborasi antara sekolah, klub, dan pemerintah harus dibangun secara formal (Hill & al., 2024). Konsensus Delphi terbaru pada konteks Paralimpiade juga menegaskan bahwa penilaian kuantitatif dan rencana pengembangan individual hanya akan efektif jika diterjemahkan melalui jalur kebijakan berbasis bukti yang terstruktur di tingkat nasional (Carroll et al., 2026).

Faktor kontekstual wilayah semakin memperkuat kompleksitas. *Special Issue* mengenai *Talent Identification and Development in Youth Sports* menunjukkan bahwa variabel seperti tempat lahir,

ukuran populasi, dan lokasi pusat prestasi berasosiasi kuat dengan probabilitas seleksi (Rossing et al., 2024). Meskipun demikian, sebagian besar instrumen TID belum diuji *measurement invariance* berdasarkan gender, usia, atau wilayah geografis, sehingga generalisabilitasnya menjadi terbatas (Johnston et al., 2024). Validasi lintas budaya seperti adaptasi *Academic and Athletic Identity Scale* versi China membuktikan bahwa analisis *Multi-Group CFA* dengan uji invariansi merupakan prasyarat mutlak sebelum perbandingan antar kelompok dilakukan (Li et al., 2024).

Dari tinjauan tersebut, teridentifikasi empat kesenjangan utama. **Secara teoretis**, belum ada model integratif yang menghubungkan *Technology Digytal* (TD), *Collaborative Stakeholders* (CS), dan *Regional Context* (RC) sebagai anteseden bagi *Evidence-Based Policy* (EBP) serta *Effective Talent Identification* (ETI) dalam satu kerangka kerja yang utuh (Gong, et al., 2026; Rossing et al., 2024).

Secara metodologis, sebagian besar studi TID masih menggunakan algoritma *Maximum Likelihood* (ML) untuk data ordinal. Padahal, penggunaan estimator *Weighted Least Squares Mean and Variance Adjusted* (WLSMV) dengan korelasi *polychoric* jauh lebih tepat untuk mengatasi bias estimasi pada data kategorik (Holgado-Tello et al., 2010; Liang & Yang, 2014), di samping fakta bahwa uji *measurement invariance* lintas wilayah geografis untuk instrumen olahraga hampir tidak pernah dilakukan di Indonesia (Johnston et al., 2024).

Secara empiris, peran mediasi EBP yang menjembatani hubungan TD dan CS menuju ETI belum diuji menggunakan metode *robust bootstrapping* untuk mengonfirmasi bias interaksi antar-variabel (Hayes, 2018). Pengujian ini krusial untuk mengonfirmasi temuan awal bahwa hubungan CS → ETI bernilai negatif, yang mengindikasikan bahwa

kolaborasi tanpa landasan bukti justru menurunkan efektivitas identifikasi bakat.

Secara kontekstual, literatur internasional masih didominasi oleh lanskap Eropa dan China. Akibatnya, generalisasi model pada wilayah kepulauan dengan disparitas infrastruktur yang kontras seperti Kabupaten Kutai Timur menjadi sebuah urgensi penelitian yang mendesak.

Berlandaskan integrasi *The Biological-Ecological Model of TID* (Baker et al., 2024), *The EBP-Sport Optimization Framework* (McLean et al., 2024), dan *Collaborative Governance Theory* (Ansell & Gash, 2008), penelitian ini mengusulkan sebuah model struktural terpadu: TD, CS, dan RC bertindak sebagai anteseden yang memprediksi EBP, yang kemudian memprediksi ETI, dengan tetap mempertahankan jalur pengaruh langsung dari TD, CS, dan RC ke ETI.

Tujuan utama penelitian ini adalah menguji validitas konstruk dari instrumen final berisi 37 item melalui *Ordinal Confirmatory Factor Analysis* (CFA) dengan estimator WLSMV, serta mengevaluasi model struktural secara menyeluruh. Pengujian efek mediasi EBP dilakukan menggunakan metode *robust bootstrapping* dengan 5.000 sampel replikasi (MacKinnon & Valente, 2024), diikuti oleh uji *measurement invariance* dan *multi-group SEM* di empat zona geografis.

B. Pendekatan Pemecahan Masalah

Di Indonesia, proses perekrutan dan pengembangan bakat olahraga seringkali masih dilakukan secara manual dan kurang optimal (Abrori et al., 2023; Buhari et al., 2022). Terbatasnya adopsi teknologi dan kurangnya sinergi antara teknologi dan kebijakan lokal menjadi kendala utama dalam upaya ini (Avcı et al., 2023; Susanto et al., 2023). Oleh karena itu, upaya kolaboratif antara pemangku kepentingan lokal dan

teknologi digital diperlukan untuk mendukung pengembangan bakat yang lebih terstruktur, terutama di wilayah-wilayah yang memiliki potensi olahraga besar tetapi kurang terfasilitasi (Yuldashev et al., 2021). Dalam konteks ini, penelitian akan bermitra dengan Dinas Pemuda dan Olahraga Kabupaten Kutai Timur, yang saat ini sedang mengembangkan Pembinaan Olahraga Prestasi Daerah (POPD) sebagai bagian dari strategi pembinaan atlet. Kemitraan ini akan memberikan peluang untuk mengintegrasikan teknologi dalam pelatihan olahraga serta memperkuat kebijakan lokal guna mendukung pengembangan bakat olahraga di wilayah tersebut.

Kolaborasi antara teknologi berbasis data dan kebijakan lokal menjadi alternatif potensial untuk mengatasi permasalahan ini. Pendekatan ini menawarkan solusi yang lebih terintegrasi dan efisien dalam proses identifikasi dan pembinaan atlet (Hammes et al., 2022; Liu, 2024). Pemanfaatan software *Talent Identification Development* (TIDev) berbasis data diharapkan mampu mengoptimalkan proses seleksi atlet pada skala regional dan nasional (Buhari et al., 2023). Dengan memanfaatkan software TIDev, diharapkan pemetaan bakat dapat diketahui, dari tahap identifikasi hingga pelatihan intensif (Buhari, 2024). Integrasi teknologi ini bertujuan untuk menggantikan metode manual yang memakan waktu dengan pendekatan berbasis bukti yang lebih akurat.

Kebijakan lokal juga memainkan peran penting dalam memastikan keberhasilan model ini. Dukungan kebijakan berupa alokasi anggaran untuk pengadaan perangkat teknologi, pelatihan pengguna, dan pengembangan infrastruktur olahraga menjadi prioritas (Cheng et al., 2024; Wasa et al., 2024). Model ini mendorong kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan, seperti Dinas Pemuda dan Olahraga,

pelatih, atlet, universitas, dan sektor swasta. Pemerintah daerah bertanggung jawab untuk mendukung kebijakan (Lindsey et al., 2023), sementara universitas dapat menyediakan tenaga ahli untuk pengembangan teknologi (Glebova et al., 2024; Turdaliyev et al., 2024). Sektor swasta berperan dalam pembiayaan perangkat dan pelatihan (Fadare et al., 2024; Jafari Ramiani et al., 2024). Kolaborasi ini memastikan keberlanjutan model dengan menggabungkan berbagai sumber daya dan keahlian.

Untuk menjawabnya, saya mengembangkan dua kontribusi.

Kontribusi Pertama, kerangka payung **Digital Sport Management Framework** dengan 5 pilar:

1. **Digital Governance:** yang menekankan pentingnya kebijakan, regulasi, dan prosedur digital. Dengan *Digital Governance*, setiap aktivitas olahraga dapat dijalankan secara terstruktur, transparan, dan terstandarisasi, dan mendukung akuntabilitas di semua level.
2. **Data Integration System:** mengintegrasikan seluruh data fisik, fisiologis, psikologis, dan kognitif atlet ke dalam sistem informasi terpadu, sehingga analisis performa dapat dilakukan secara objektif dan komprehensif.
3. **Smart Decision Support:** Data diolah untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti. Pelatih dapat menentukan strategi latihan, kompetisi, dan pembinaan secara tepat sasaran, meminimalkan risiko cedera, dan mengoptimalkan potensi.
4. **Performance Monitoring:** memungkinkan pemantauan performa atlet secara real-time, melalui wearable devices, sensor gerak, dan platform digital. Hasil monitoring digunakan untuk evaluasi berkala.
5. **Innovation and Sustainability:** menjadi fondasi keberlanjutan, mencakup pengembangan metode

latihan baru, integrasi teknologi terkini, dan program pembinaan berkelanjutan.

Pada implementasi manajemen, teknologi mendukung empat fungsi manajemen klasik yang saya transformasikan menjadi: **Digital planning**, memungkinkan penyusunan program pembelajaran dan latihan berbasis data kebugaran dan kemampuan motorik. **Digital organizing**, memungkinkan pengelolaan sumber daya manusia, fasilitas olahraga, serta program pembelajaran melalui system manajemen digital. **Digital implementation**, mendukung proses pembelajaran melalui video analysis, motion tracking, dan berbagai aplikasi pembelajaran olahraga. **Digital evaluation**, memungkinkan evaluasi performa olahraga melalui analisis data yang objektif dan sistematis. Framework ini telah saya tawarkan sebagai panduan praktis.

Namun demikian, sebuah kerangka konseptual akan hampa tanpa bukti empiris. Oleh karena itu, saya melangkah ke fase **kontribusi kedua**: menguji framework ini dalam konteks yang paling krusial, yaitu identifikasi bakat. Melalui aplikasi **TIDev (Talent Identification Development)** yang kami uji di 4 Zona Wilayah Kutai Timur, melibatkan 100 guru Penjas, pelatih, pembina olahraga, dan atlet usia 11-14 tahun. Menggunakan desain kuantitatif *cross-sectional* dengan pendekatan *multi-region generalization study* untuk menguji generalisabilitas model lintas wilayah heterogen (Frontiers, 2024).

C. Implementasi Empiris: TIDev dan Bukti Dari Lapangan Kutai Timur

Untuk memberikan bukti empiris, kami mengembangkan dan menerapkan Aplikasi **Talent Identification Development (TIDev)**. TIDev adalah perwujudan nyata dari *Data Integration System* dan *Performance Monitoring* dalam framework saya. Ia adalah perangkat lunak yang menyediakan data

terstandar meliputi pengukuran antropometri, kemampuan biomotor, dan visualisasi profil performa atlet.

Hasil penelitian ini menunjukkan signifikan: TIDev mampu membedakan performa dan meningkatkan efektivitas pemetaan bakat. Ini adalah pencapaian dari *Digital Planning* dan *Digital Evaluation* yang lebih ilmiah.

Penelitian ini juga mengungkap temuan yang paling kritis dan menjadi inti orasi hari ini, yang menguji pilar pertama framework saya: *Digital Governance*. Hasil deskriptif menunjukkan implementasi dan dampak kebijakan daerah berada pada kategori moderat. Di atas kertas, kebijakan terlihat baik. Namun, analisis korelasi menunjukkan tidak ada hubungan yang signifikan antara dukungan kebijakan dan pemanfaatan teknologi. Lebih mengejutkan, hasil regresi menunjukkan dukungan kebijakan daerah tidak memiliki pengaruh langsung yang signifikan terhadap efektivitas pemetaan bakat.

Inilah yang saya sebut sebagai *Policy-Practice Gap* atau Paradoks Kebijakan. Temuan ini konsisten dengan studi De Bosscher et al. (2015) dan Hylton (2013) yang menyatakan bahwa regulasi daerah yang ada sering kali belum mengadaptasi tuntutan transformasi digital dalam pembinaan olahraga. Regulasi sering kekurangan ketentuan yang mendorong penggunaan data berkelanjutan atau memastikan inovasi digital dapat dimanfaatkan secara optimal.

Dari perspektif teori tata kelola digital, kebijakan seharusnya tidak hanya menjadi dokumen deklaratif, tetapi harus diterjemahkan menjadi alur kerja yang jelas, mekanisme berbagi informasi, dan sistem monitoring berbasis data.

Ketika mekanisme tersebut tidak berfungsi, maka keberadaan kebijakan tidak otomatis menjamin implementasi yang kuat. Inilah bukti empiris bahwa teknologi dan kebijakan tidak bisa dipandang sebagai

komponen yang terpisah, melainkan harus saling memperkuat.

Berangkat dari temuan asimetri tersebut, kami merumuskan kontribusi puncak: ***Evidence-Based Collaborative Model for Sports Talent Identification***. Model ini adalah operasionalisasi spesifik dari Digital Sport Management Framework payung saya, khusus untuk ranah identifikasi bakat.

Model ini dibangun melalui interpretive synthesis tiga langkah: mengkaji pola empiris dari ANOVA, korelasi, dan regresi; menyelaraskannya dengan teori identifikasi bakat; dan mengintegrasikannya dengan kerangka *sport governance* dan *digital governance* yang mencakup sembilan indikator tata kelola (De Bosscher et al., 2015). Validasi ahli terhadap model ini menghasilkan skor I-CVI 0.88, yang mengkonfirmasi relevansi yang sangat tinggi.

Arsitekturnya adalah sebagai berikut: Aplikasi TIDev sebagai *Evidence-Based Data Hub* (perwujudan *Data Integration System & Performance Monitoring*), dan Kebijakan Daerah sebagai *Coordinating Framework* (perwujudan *Digital Governance* yang harus direformasi). Keduanya dihubungkan oleh sebuah *Integrated Digital Data Center Dashboard* (Dispora, KONI, Sekolah).



Gambar 1. *Evidence-Based Collaborative Model* sebagai operasionalisasi *Digital Sport Management Framework* (I-CVI = 0.88, Buhari et al., 2025)

Untuk menjembatani keduanya, model ini memiliki tiga pilar jembatan kolaboratif yang merupakan penjabaran dari pilar-pilar framework saya: **Pilar 1: *Data Integration*** (Standardisasi, Interoperabilitas & Alur Data, Real-time Monitoring) - jantung dari *Data Integration System*. **Pilar 2: *Coordination Mechanism*** (Multi-stakeholder Coordination, Policy Alignment, Collaborative Protocols) - perbaikan nyata untuk Digital Governance yang paradoks. **Pilar 3: *Human Resources Capacity & Evidence-Based Decision*** (Training & Capacity Building, Analytical Competency, Evidence-Informed Action) - perwujudan dari Smart Decision Support dan Innovation and Sustainability. Outcome akhirnya adalah *Effective, Objective, Sustainable Talent Mapping* yang mendukung *Long-term Talent Athlete Development & Strategic Sports Policy*.

Model integrasi ini membawa implikasi tegas. **Bagi Pemerintah Daerah**, saatnya mereformasi *Digital Governance* dari sekadar dokumen visi-misi menjadi instrumen operasional yang mewajibkan pemanfaatan dashboard data TIDev dalam setiap program pembinaan.

Bagi Institusi Pendidikan dan Pembinaan, penguatan kompetensi pelatih dan guru Penjas adalah prioritas strategis. Literasi data harus menjadi bagian dari kurikulum penataran pelatih. Ini adalah kunci dari *Smart Decision Support*.

Bagi Akademisi, penelitian ini memiliki keterbatasan sampel dan belum mengukur dampak jangka panjang. Oleh karena itu, saya mendorong penelitian longitudinal dengan sampel lebih luas dan uji coba model ini di beberapa daerah.

D. Kesimpulan

Jika pada naskah awal saya mengatakan transformasi digital adalah keniscayaan, maka hari ini dengan bukti empiris saya menegaskan: transformasi digital akan gagal tanpa kolaborasi antara teknologi dan tata kelola.

Digital Sport Management Framework memberikan payung filosofis dengan 5 pilar yaitu; *Digital Governance, Data Integration System, Smart Decision Support, Performance Monitoring, dan Innovation and Sustainability. Evidence-Based Collaborative Model* memberikan bukti empiris dan alat operasional dengan 3 pilar utama sebagai jembatannya; *Data Integration, Coordination Mechanism, dan Human Resources Capacity & Evidence-Based Decision*. Keduanya adalah satu kesatuan yang tidak terpisahkan.

Pesan utama saya: Masa depan pembinaan olahraga Indonesia tidak akan ditentukan oleh siapa yang paling keras berteriak di pinggir lapangan, tetapi oleh siapa yang paling cerdas mengelola data di ruang pembinaan. Teknologi memberikan mata yang objektif untuk melihat bakat. Kebijakan memberikan kaki yang kuat untuk melangkah bersama. Jika keduanya tidak berkolaborasi, kita akan terus melahirkan atlet-atlet hebat yang hilang dalam perjalanan karena salah identifikasi dan salah kelola.

Semoga integrasi model yang saya usulkan ini menjadi sumbangsih kecil dari Universitas Mulawarman untuk Indonesia Emas 2045. Semoga Kalimantan Timur tidak hanya dikenal sebagai lumbung energi, tetapi juga sebagai lumbung atlet berprestasi dunia yang lahir dari sistem yang ilmiah, adil, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrori, R. B., . W., & Nurfadhila, R. (2023). Software Development of Sports Talent Identification Using Sport Search Analysis Method. *International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis*, 06(09), 4086–4093. <https://doi.org/10.47191/ijmra/v6-i9-20>
- Ansell, C., & Gash, A. (2008). Collaborative Governance in Theory and Practice. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 18(4), 543–571. <https://doi.org/10.1093/jopart/mum032>
- Avci, P., Bayrakdar, A., Meriçelli, M., İncetaş, M. O., Panoutsakopoulos, V., Kollias, I. A., Ay Yıldız, Y., Akbaş, D., Satılmış, N., Kılınçarslan, G., Akyüz, B., Kırkoğlu, N., & Yumuk, E. D. (2023). The Use of Developing Technology in Sports. In *The Use of Developing Technology in Sports* (Issue October). <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub315>
- Baker, J., Wattie, N., & Schorer, J. (2024). The biological-ecological model of talent identification and development in sport: A contemporary update. *Journal of Sports Sciences*.
- Brazier, J., Lara-Bercial, S., & Hill, A. (2025). The youth sport coaching workforce: Examining governance, connectivity, and structural challenges in development pathways. In *International Sport Coaching Journal* (Vol. 12, Issue 1, pp. 45–58).
- Buhari, M. R. (2024). Smart Sports Recruitment : Leveraging Software for Talent Precision. *Journal of Coaching and Sports Science*, 3(2), 135–152. <https://doi.org/10.58524/jcss.v3i2.529>
- Buhari, M. R., Hidayanto, D. N., Sjamsir, H., Haryaka, U., & Syamsudduha, S. (2023). Management Information System Data Processing Results of Sports Talent Identification Test: Borneo Sport Talent Id Software Implementation. *Educational Studies: Conference Series*, 3(1), 12–21. <https://doi.org/10.30872/escs.v3i1.2506>
- Buhari, M. R., Sapulete, J. J., Hasanuddin, M. I., & Susilawati. (2024). Smart Sports Recruitment : Leveraging Software for Talent Precision. *Journal of Coaching and Sports Science*, 3(2), 135–152.

- <https://doi.org/10.58524/jcss.v3i2.529>
- Carroll, A., O'Riordan, A., & Pumpa, K. (2026). From guesswork to guidance: a delphi study on practices of talent identification and development in Para athletics. In *Frontiers in Sports and Active Living* (Vol. 8, p. 1791259).
- Cheng, Z., Xu, Y., Zhou, M., Yin, Z., Xu, L., & Chen, W. (2024). Using the grounded theory to develop the theoretical model of Chinese school sports coaching competence. *BMC Public Health*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20649-9>
- Contreras-García, J. M., Courel-Ibáñez, J., Piñar-López, M. I., & Ibáñez, S. J. (2024). Early specialization in formative basketball: A machine learning analysis of shooting patterns in U14 and professional players. *Journal of Sports Sciences*, 42(24), 2443–2450. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2436809>
- Elstak, I., Salmon, P., & Mclean, S. (2024). Artificial intelligence applications in the football codes: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 42(13), 1184–1199. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2383065>
- Fadare, S. A., Bautista-apolinario, C., Leana, J., Shamson, T., Connie, A., & Adriano, P. (2024). Today ' s Challenges: The Opportunity for Enhancing Sports Activities Resurgence and Tenacity. *Journal of Propulsion Technology*, 45(1), 3563–3573.
- Glebova, E., Desbordes, M., & Czegledi, O. (2024). The “Clockwork” Model for Deployment Technology Innovations in Sports Industry Ecosystem: Holistic Approach. *Societies*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/soc14020023>
- Gong, Y., Jiang, W., Li, Y., He, J., Zhang, W., Li, W., Chen, S., & Luo, C. (2026). Evolution of soccer talent identification criteria: a systematic review from global perspectives. *Frontiers in Psychology*, March. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2026.1739010>
- Gong, Y., LA, L., MI, S., & Tan, C. (2026). Evolution of soccer talent identification criteria: a systematic review from global perspectives (1976-2024). *Frontiers in Psychology*.
- Hammes, F., Hagg, A., Asteroth, A., & Link, D. (2022). Artificial Intelligence in Elite Sports—A Narrative Review

- of Success Stories and Challenges. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4(July), 1–15.
<https://doi.org/10.3389/fspor.2022.861466>
- Hayes, A. (2018). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach*.
- Hill, M., & al., et. (2024). Professional roles and practical experiences: How physical education teachers and youth coaches perceive talent identification systems. In *Journal of Research in Tracking and Identification* (Vol. 6, Issue 2, pp. 89–104).
- Holgado-Tello, F., Chacón-Moscoso, S., MI, B.-G., & Vila-Abad, E. (2010). Polychoric versus Pearson correlations in confirmatory factor analysis of ordinal variables. *Quality & Quantity*.
- Jafari Ramiani, A., Sarvari, H., Chan, D. W. M., Nassereddine, H., & Lotfata, A. (2024). Critical success factors for private sector participation in accomplishing abandoned public sports facilities projects in Iran. *International Journal of Construction Management*, 24(6), 586–600.
<https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2147647>
- Johnston, K., Baker, J., & Wattie, N. (2024). Methodological limitations in sports talent identification: A measurement invariance perspective. *Sports*.
- Khan, N. J., Ahamad, G., & Naseem, M. (2022). An IoT / FOG based framework for sports talent identification in COVID-19 like situations. *International Journal of Information Technology*.
<https://doi.org/10.1007/s41870-022-00984-z>
- Li, C., Wang, T., & Zhang, X. (2024). Cross-cultural validation of the Academic and Athletic Identity Scale in Chinese student-athletes: A multi-group confirmatory factor analysis. *Frontiers in Psychology*.
- Liang, X., & Yang, Y. (2014). Performance of WLSMV estimation for structural equation modeling with ordinal missing data. *Journal of Methods and Measurement in the Social Sciences*.
- Lindsey, I., Strittmatter, A. M., Hayton, J., & O’Gorman, J. (2023). Two decades of youth sport policy research: an augmented scoping review and synthesis. *European Sport Management Quarterly*.
<https://doi.org/10.1080/16184742.2023.2233553>

- Liu, H. (2024). Unveiling the economic potential of sports industry in China: A data driven analysis. *PLoS ONE*, 19(9 September), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310131>
- MacKinnon, D., & Valente, M. (2024). Mediation from multilevel to structural equation modeling: Advances in bias-corrected bootstrapping. *Psychological Methods*.
- Marsuki, A., Andi Wirawan, R., Ians, A., Muhammad, S., & Ferdinandus, A. A. (2025). Improving Athlete Performance Through Technology-Based Sports Learning Innovation. *JIKor: Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 27–35.
- McLean, S., GD, R., & PM, S. (2024). Artificial intelligence applications in the football codes: A systematic review of opportunities and risks. *Journal of Sports Sciences*.
- Munoz-Macho, A. A., Dominguez-Morales, M. J., & Sevillano-Ramos, J. L. (2024). Performance and healthcare analysis in elite sports teams using artificial intelligence: a scoping review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6(April). <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1383723>
- Rahmani, M., Majedi, N., Hemmatinejad, M., & Jamshidi, A. (2024). Application of Artificial Intelligence in the Sports Industry: A Review Article. *AI and Tech in Behavioral and Social Sciences*, 2(2), 20–27. <https://doi.org/10.61838/kman.aitech.2.2.4>
- Reis, F. J. J., Alaiti, R. K., Vallio, C. S., & Hespanhol, L. (2024). Artificial intelligence and Machine Learning approaches in sports: Concepts, applications, challenges, and future perspectives. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 28(3), 101083. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2024.101083>
- Rossing, N., SP, N., & DS, K. (2024). Contextual factors in youth sports talent identification: The role of birthplace and population size. *Frontiers in Sports and Active Living*.
- Susanto, E., Bayok, M., Satriawan, R., Festiawan, R., Kurniawan, D. D., & Putra, F. (2023). Talent identification predicting in athletics: A case study in Indonesia. *Annals of Applied Sport Science*, 11(1), 0.
- Tomcikova, L., & Coculova, J. (2025). Evidence-based policy and structured public-private partnerships in strategic

- resource management. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 227, p. 4029).
- Turdaliyev, R., Botagariyev, T., Ryskaliyev, S., Doshymbekov, A., & Kissebaev, Z. (2024). Virtual Reality Technology as a Factor to Improve University Sports. *Retos*, 51, 872–880. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.101213>
- Wasa, C., Rahayu, T., Setijono, H., & Hartono, M. (2024). Policy Analysis of the Sports Achievement Development Program in Papua Following the conclusion of the XX National Sports Week (PON) as assessed by DISORDA Papua. *Journal of Physical Education and Sports*, 13(2). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jpes>
- Yuldashev, F., Amali, Z., Sumaryanto, S., Ali, M. A., Anggita, G. M., Castyana, B., Rahayu, T., Suparman, Y., Setyawati, H., Junaidi, S., & Kusuma, D. W. Y. (2021). Tarsil As an Educational Value in Indonesian Sports System. *Cakrawala Pendidikan*, 40(3), 787–798. <https://doi.org/10.21831/cp.v40i3.44510>



UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Rektor Universitas Mulawarman, Prof. Dr. Ir. H. Abdunnur, M.Si., IPU., ASEAN Eng, Prof. Dr. Lambang Subagiyo, M.Si. selaku Wakil Rektor Bidang Akademik, Prof. Ir. Sukartiningsih, M.Sc., Ph.D., IPU selaku Wakil Rektor Bidang Sumber Daya Manusia, Umum, dan Keuangan, Prof. Dr. H. Moh. Bahzar, M.Si. selaku Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan dan Alumni, dan Dr. Ir. Nataniel Dengen, S.Si., M.Si. selaku Wakil Rektor Bidang Perencanaan, Kerjasama, dan Informasi.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Ketua Senat Universitas Mulawarman, Prof. Ir. Haviluddin, S.Kom., M.Kom., Ph.D., IPM, beserta Bapak/Ibu anggota senat Universitas Mulawarman, Ketua LP2M, Prof. Widi Sunaryo, S.P., M.Si., Ph.D., Tenaga Kependidikan, dan FKIP yang telah menjadi rumah akademik saya dan memberikan kepercayaan terbesar dalam perjalanan karir saya, dan seluruh civitas akademika Universitas Mulawarman.

Kepada kedua orang tua saya Almarhum ayah saya Buhari dan ibu saya Mariama, yang doa dan didikanmu adalah fondasi setiap langkah saya. Tanpa restu kalian, saya bukan apa-apa.

Kepada ayah dan ibu mertua saya Drs. H. Mustamin, MM dan Hj. Nelly S.KM, terimakasih yang tulus atas segala doa, restu, dan dukungan yang senantiasa diberikan kepada kami sekeluarga.

Kepada adik saya tersayang Anriani, S.TP, dan suami Usman SE. Terima kasih selalu menjadi sistem pendukung terbaik, memberikan semangat di saat-saat paling krusial. Pencapaian hari ini adalah kebahagiaan dan kebanggaan kita bersama sebagai keluarga.

Kepada istri tercinta Syamsudduha, S.Pd, M.Pd dan anak-anakku tersayang, Muhammad Diandra Alhaqky Ramli, Muhammad Devara Alhaqky Ramli, dan Muhammad Danurraja Alhaqky Ramli. Yang

telah menjadi sumber kekuatan, kesabaran, dan pengertian. Terima kasih telah merelakan waktu, menemani saya dan menjadi penyemangat di saat lelah. Gelar Guru Besar ini adalah milik kita bersama.

Dan kepada anak-anakku tersayang, izinkan Saya mengutip pesan Sayyidina Ali Bin Abi Thalib pada kalian, untuk bertaqwa kepada Allah SWT dan janganlah kalian bersedih atas sesuatu yang luput dari kalian. Katakanlah kebenaran seperti yang ayah semangatkan di namamu, dan beramallah untuk akhirat. Kekayaan terbesar manusia adalah akal, dan kemiskinan terbesar adalah kebodohan.

Ingatlah pesan itu. Jadilah anak yang bertaqwa, berilmu, dan bermanfaat bagi umat. Gelar Guru Besar ini Ayah persembahkan untuk kalian, agar kalian tahu bahwa ilmu yang berkah adalah ilmu yang mengabdi.

Kepada semua kolega, Kepala Dinas Pemuda dan Olahraga Kutai Timur, Bapak Basuki Isnawan, S.Hut, Mentor saya, Prof. Dr. H. M. Amir Masruhim, M.Kes, Prof. Dr. H. Susilo, S.Pd, M.Pd, Prof. Dr. Azainil, M.Si, Prof. Dr. H. Muhammad Nurkhadi, M.Si, Prof. Dr. H. Usman, M.Si, Prof. Dr. Makrina Tindangen, M.Pd, Prof. Dr. Hasbi Sjamsir, M.Hum, dan Alamarhum Promotor saya Prof. Dr. Dwi Nugroho Hidayanto, M.Pd, dan Co Promotor Dr. Haryaka Uspandi, M.Pd, Keluarga besar Program Studi S3 Manajemen Pendidikan, Program Studi Pendidikan Jasmani, Program Studi Ilmu Keolahragaan, Program Studi Pendidikan Kepelatihan Olahraga, Keluarga besar Jurusan Ilmu Pendidikan, Keluarga besar Pionir Inspirasi Sukses (PIS), Keluarga besar MDC, mahasiswa, dan tim peneliti saya; Hamdiana, M.Pd, Hendry Ismawan, M.Pd, Nurjamal, M.Pd, Jance J Sapulete, M.Pd, Muhammmad Rifai, M.Pd, Dr. Much Samsul Huda, M.Pd, Dr. Jupri, M.Pd, Dr. Muhammad Yamin, M.Pd, dan Syamsul Anwar, M.Pd. Saya ucapkan terimakasih.

Semoga karya kecil ini menjadi sumbangsih untuk Indonesia Emas 2045, di mana Kalimantan Timur tidak hanya dikenal sebagai lumbung energi, tetapi sebagai lumbung atlet berprestasi dunia.

Terima kasih atas perhatiannya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.



CURRICULUM VITAE

Nama : Prof. Dr. Muhammad Ramli Buhari,
S.Pd., M.Pd.
NIP : 19760324 200501 1 002
NIDN : 0024037605
Tempat, Tanggal
Lahir : Selayar, 24 Maret 1976
Agama : Islam
Email : m.ramli@fkip.unmul.ac.id
No HP : 081245493277
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Pangkat, Gol. : Pembina Tingkat 1/IVb
Jabfung, TMT : Guru Besar, 1 Januari 2026
TMT Golongan : 1 Februari 2025
ID SINTA : 6150170
ID SCOPUS : 57739008700

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sarjana (S1) Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Makassar (2000)
2. Magister (S2) Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Makassar (2008)
3. Doktor (S3) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Mulawarman (2023)

RIWAYAT PENELITIAN

1. (2026) Model Kolaborasi Teknologi dan Kebijakan Lokal Dalam Pemetaan Bakat dan Pembinaan Olahraga Lanjutan (Ketua Peneliti). Hibah Kemendiktisaintek. Rp. 115.100.000.
2. (2025) Model Kolaborasi Teknologi dan Kebijakan Lokal Dalam Pemetaan Bakat dan Pembinaan Olahraga (Ketua Peneliti). Hibah Kemendiktisaintek. Rp. 111.730.000.
3. (2024) Model identifikasi bakat olahraga berbasis software: untuk mendukung rekrutmen atlet

- potensial di Kalimantan Timur (Ketua Peneliti). Hibah Kemendikbudristek Rp. 99.420.000.
4. (2023) Sistem Informasi Pengolahan Data Hasil Tes Identifikasi Bakat Olahraga: Implementasi Software Borneo Sport Id. (Ketua Peneliti). Hibah Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Rp. 15.000.000.
 5. (2022) Pengembangan Model Identifikasi Bakat Olahraga Berbasis Software Analisis Sport Serach: Untuk Mendukung Program Desain Besar Olahraga Nasional. Hibah Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Rp. 15.000.000.
 6. (2021) Manajemen sumber daya manusia keolahragaan ditinjau dari Sport Development Index terhadap peningkatan kualitas Pendidikan Jasmani berwawasan konservasi di Kota Samarinda. Hibah Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Rp. 12.000.000.
 7. (2020) Pengembangan Bahan Kajian Olahraga Rekreasi Untuk Kurikulum Calon Guru Pendidikan Jasmani Kalimantan Timur. (Ketua Peneliti). Hibah Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Rp. 10.000.000.

RIWAYAT PENGABDIAN MASYARAKAT

1. (2026) Tenaga Ahli Naskah Akademik dan Ranperda Keolahragaan Kabupaten Malinau.
2. (2026) Tenaga Ahli Pusat Pendidikan dan Latihan Olahraga Pelajar Daerah (PPLPD) Kabupaten Kutai Timur.
3. (2025) Tim Penyusun Kajian Pusat Pendidikan dan Latihan Olahraga Pelajar Daerah (PPLPD) Kabupaten Kutai Timur.
4. (2024) Tenaga Ahli Penyusunan Roadmap Kajian Keolahragaan Kabupaten Kutai Timur.
5. (2022) Sosialisasi dan Pelatihan Olahraga Pickleball Pada Guru Penjasorkes di Samarinda. (Ketua). Hibah FKIP Universitas Mulawarman. Rp. 5.000.000.

6. (2021) Pelatihan E-Learning Bagi Guru Penjas Untuk Optimalisasi Pembelajaran Generasi Z. (Ketua) Hibah FKIP Universitas Mulawarman. Rp. 5.000.000.
7. (2020) Pelatihan pemanduan bakat dan minat olahraga berbasis teknologi sport search pada guru Penjas di daerah Penajam Paser Utara. (Ketua) Hibah FKIP Universitas Mulawarman. Rp. 5.000.000.

RIWAYAT JABATAN

1. Kepala Laboratorium Program Profesi Guru FKIP Universitas Mulawarman Periode 2023-2027.
2. Ketua Jurusan Ilmu Pendidikan FKIP Universitas Mulawarman Periode 2020-2023.
3. Sekretaris Program Studi Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Periode 2016-2019.

RIWAYAT ORGANISASI

1. Pengurus Wilayah Ikatan Cendekiawan Muslim Se-Indonesia (ICMI) Provinsi Kalimantan Timur. Periode 2026-2031.
2. Pengurus Ikatan Sarjana Pendidikan Indonesia (ISPI) Provinsi Kalimantan Timur Periode 2022-2027.
3. Pengurus Daerah Perkumpulan Ahli dan Dosen Republik Indonesia (ADRI) Provinsi Kalimantan Timur. Periode 2022-2027.
4. Pengurus Perkumpulan Profesi Manajer dan Administrator Pendidikan Indonesia (PROMAPI) Provinsi Kalimantan Timur Periode 2023-2026.
5. Persatuan Hockey Indonesia (FHI) Provinsi Kalimantan Timur Periode 2022-2026.
6. Forum Komunikasi Dosen (FKD) Provinsi Kalimantan Timur Masa Bhakti 2024-2029.



UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. Retno Aryani, S.Si., M.Si.

POTENSI KEANEKARAGAMAN HAYATI HUTAN
HUJAN TROPIS SEBAGAI PILAR PENGEMBANGAN
ANATOMI DAN HISTOLOGI HEWAN DI ERA
BIOLOGI MODERN

24 September 2026
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. Retno Aryani, S.Si., M.Si.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
SINOPSIS	1
A. Hutan Hujan Tropis: Laboratorium Kehidupan.....	3
B. Anatomi dan Histologi Hewan sebagai Fondasi Ilmiah dalam Mengungkap Potensi Keanekaragaman Hayati	5
C. Eksplorasi Keanekaragaman Hayati Hutan Hujan Tropis: Kontribusi Riset Anatomi dan Histologi Hewan.....	8
1. <i>Eksplorasi Tumbuhan Obat Hutan Hujan Tropis</i>	9
2. <i>Histologi sebagai Bukti Keamanan Bahan Alam</i>	10
3. <i>Black Soldier Fly: Model Integrasi Biologi, Anatomi, dan Biomaterial</i>	11
D. Transformasi Anatomi dan Histologi Hewan di Era Biologi Modern: Menuju Inovasi Berbasis Keanekaragaman Hayati	11
E. Kesimpulan	15
DAFTAR PUSTAKA.....	16
UCAPAN TERIMA KASIH	21
CURRICULUM VITAE	26

SINOPSIS

Prof. Dr. Retno Aryani, S.Si., M.Si. Guru besar bidang **Anatomi dan Histologi Hewan**. Hutan hujan tropis dipandang bukan hanya sebagai kekayaan alam yang perlu dilestarikan, tetapi juga sebagai laboratorium kehidupan yang menyimpan berbagai spesies tumbuhan, hewan, mikroorganisme, dan metabolit sekunder yang berpotensi dikembangkan menjadi obat, biomaterial, serta inovasi bioteknologi. Melalui pendekatan anatomi dan histologi, potensi tersebut dapat dibuktikan secara ilmiah dari aspek keamanan, efektivitas, dan mekanisme biologisnya sehingga menjadi landasan pengembangan produk kesehatan berbasis biodiversitas.

Materi ini selanjutnya menjelaskan transformasi anatomi dan histologi dari ilmu yang bersifat deskriptif menjadi ilmu translasional yang mampu menghubungkan struktur jaringan dengan fungsi biologis, mekanisme penyakit, serta respons terhadap terapi. Berbagai hasil penelitian mengenai tanaman obat Kalimantan seperti *Ficus deltoidea*, *Myrmecodia pendens*, *Terminalia catappa*, *Combretum indicum* serta pemanfaatan Black Soldier Fly sebagai sumber biomaterial menunjukkan bahwa evaluasi histologi merupakan komponen penting dalam membuktikan keamanan dan efektivitas bahan alam untuk penyembuhan luka, antioksidan, antidiabetes, antiangiogenik, dan regenerasi jaringan yang lainnya, serta pengembangan biomaterial. Bahan-bahan alami tersebut juga berpotensi untuk inovasi yaitu sebagai bahan membuat nanopartikel yaitu silver nanoparticles berbasis green synthesis yang mempertemukan bahan alam, nanoteknologi, dan evaluasi histologis.

Pada bagian akhir, orasi menekankan bahwa masa depan Anatomi dan Histologi Hewan sangat bergantung pada integrasi dengan teknologi modern

seperti kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), digital pathology, biologi molekuler, ilmu omics, nanobioteknologi, dan pendekatan One Health. Sinergi antara eksplorasi biodiversitas, teknologi mutakhir, serta kolaborasi multidisiplin diharapkan mampu menghasilkan inovasi yang mendukung kesehatan, konservasi, dan pembangunan berkelanjutan, sekaligus memperkuat posisi Indonesia sebagai pusat penelitian biodiversitas tropis yang berdaya saing global.



A. Hutan Hujan Tropis: Laboratorium Kehidupan

Selama ribuan tahun, hutan hujan tropis telah menjadi salah satu ekosistem paling kompleks dan produktif di bumi. Meskipun hanya menutupi sekitar 6–7% permukaan daratan dunia, ekosistem ini menjadi habitat bagi lebih dari separuh spesies tumbuhan, hewan, jamur, dan mikroorganisme yang telah dikenal. Kompleksitas interaksi ekologis tersebut menjadikan hutan hujan tropis sebagai pusat evolusi, adaptasi, dan pembentukan senyawa-senyawa biologis yang unik.

Dalam konteks tersebut, Indonesia menempati posisi yang sangat strategis. Sebagai salah satu negara **megabiodiversitas**, Indonesia memiliki kekayaan sumber daya genetik yang luar biasa, dengan tingkat endemisitas yang tinggi pada berbagai kelompok flora, fauna, dan mikroorganisme yang memiliki potensi besar sebagai sumber pangan, obat, biomaterial, dan bahan baku bioteknologi. Kekayaan hayati tersebut merupakan laboratorium alam yang menyediakan peluang luas untuk menghasilkan inovasi berbasis sumber daya lokal.

Biodiversitas Indonesia memiliki nilai strategis karena menjadi sumber bahan baku bagi berbagai bidang, seperti: penemuan obat (*drug discovery*); pangan fungsional; biomaterial; bioindustri; bioteknologi; rekayasa jaringan (*issue engineering*); konservasi sumber daya genetik. Keunggulan utama biodiversitas tropis tidak hanya terletak pada banyaknya jumlah spesies, tetapi juga pada keragaman metabolit sekunder yang dihasilkannya. Berbagai kelompok senyawa,

seperti: flavonoid, alkaloid, terpenoid, fenolik, saponin, tanin, peptida bioaktif, kitin dan kitosan, polisakarida, metabolit mikroba, telah terbukti memiliki aktivitas: antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, imunomodulator, antikanker, penyembuhan luka, neuroprotektif, antiangiogenik dan lain sebagainya.

Prospek tersebut menjadikan hutan hujan tropis sebagai salah satu sumber utama pencarian senyawa bioaktif baru (bioprospecting) untuk kesehatan manusia dan hewan. Berbagai telaah mutakhir menunjukkan bahwa eksplorasi biodiversitas hutan tropis masih menyimpan peluang besar untuk menemukan molekul baru yang dapat dikembangkan menjadi kandidat obat dan biomaterial generasi berikutnya.

Selain itu, Perkembangan ilmu pengetahuan di abad ke-21 menunjukkan bahwa kekayaan biodiversitas tidak lagi hanya dipandang sebagai sumber bahan baku obat tradisional, tetapi telah menjadi fondasi bagi lahirnya berbagai inovasi dalam bidang bioteknologi, biomaterial, dan nanomedisin. Melalui integrasi ilmu anatomi, histologi, biologi molekuler, material sains, dan rekayasa biomedis, sumber daya hayati Indonesia dapat dikembangkan menjadi produk kesehatan modern yang memiliki nilai tambah tinggi. Tiga contoh inovasi yang sangat menjanjikan adalah **sintesis nanopartikel hijau (*green synthesis*)**, **biofilm berbasis kitin dan kitosan**, serta **sistem penghantaran obat (*drug delivery system/DDS*)**. Ketiga teknologi tersebut merupakan representasi nyata bagaimana biodiversitas tropis dapat ditransformasikan menjadi solusi kesehatan yang aman, efektif, dan berkelanjutan.

Namun demikian, besarnya keanekaragaman hayati belum otomatis menghasilkan manfaat apabila tidak disertai pembuktian ilmiah mengenai keamanan, efektivitas, dan mekanisme biologisnya. Di sinilah anatomi dan histologi hewan memiliki peran yang sangat strategis.

Dalam perspektif Anatomi dan Histologi Hewan, setiap organisme tropis menyimpan informasi mengenai: struktur jaringan; adaptasi morfologis; mekanisme regenerasi; respons imun; perubahan histopatologis; mekanisme aksi senyawa bioaktif. Informasi tersebut menjadi dasar untuk memahami hubungan antara struktur dan fungsi, serta membuka peluang pengembangan biomaterial, obat berbasis bahan alam, dan pendekatan biomedis yang lebih presisi.

Dalam konteks penelitian yang saya lakukan, potensi tersebut telah dieksplorasi melalui pemanfaatan berbagai tumbuhan obat Kalimantan, pengembangan biomaterial berbasis *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*), serta sintesis nanopartikel hijau (*green synthesis*) untuk mendukung penyembuhan luka dan regenerasi jaringan.

Dengan demikian, keanekaragaman hayati merupakan **modal ilmiah** (*scientific capital*) yang harus dikelola melalui penelitian multidisiplin agar memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi ilmu pengetahuan dan kesejahteraan masyarakat.

B. Anatomi dan Histologi Hewan sebagai Fondasi Ilmiah dalam Mengungkap Potensi Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati hutan hujan tropis menyediakan sumber daya biologis yang sangat

besar berupa tumbuhan, satwa, mikroorganisme, dan metabolit sekunder yang berpotensi dikembangkan menjadi obat, biomaterial, imunomodulator, maupun produk bioteknologi. Namun demikian, keberadaan suatu senyawa bioaktif belum dapat dinyatakan bermanfaat hanya berdasarkan identifikasi kandungan kimia atau aktivitas *in vitro*. Setiap kandidat bahan alam harus dibuktikan melalui pendekatan ilmiah yang mampu menjelaskan bagaimana senyawa tersebut berinteraksi dengan sistem biologis pada tingkat sel, jaringan, dan organ.

Dalam konteks inilah Anatomi dan Histologi Hewan memiliki posisi yang sangat strategis. Kedua disiplin ilmu ini tidak lagi hanya berfungsi menggambarkan struktur tubuh, tetapi telah berkembang menjadi fondasi ilmiah yang menjelaskan hubungan antara struktur, fungsi, respons biologis, dan mekanisme penyakit. Melalui analisis mikroskopis, perubahan yang terjadi akibat paparan senyawa bioaktif dapat diamati secara langsung sehingga memberikan bukti mengenai keamanan, efektivitas, dan mekanisme kerja suatu bahan alam.

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, anatomi dan histologi tidak lagi dipandang sebagai ilmu deskriptif, melainkan sebagai ilmu **translasional** yang menjelaskan bagaimana perubahan struktur jaringan berkaitan dengan fungsi fisiologis, mekanisme penyakit, serta respons terhadap terapi. Perkembangan teknologi mikroskopi digital, histomorfometri berbasis komputer, pencitraan tiga dimensi, *spatial biology*, dan kecerdasan buatan telah memperluas kemampuan analisis jaringan hingga tingkat molekuler dan spasial.

Dalam biologi modern, informasi histologis kini dipadukan dengan data genomik, transkriptomik, proteomik, dan metabolomik sehingga memungkinkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai mekanisme biologis. Histologi tidak lagi hanya menjawab pertanyaan “*bagaimana bentuk jaringan?*”, tetapi juga “*mengapa jaringan berubah?*” dan “*bagaimana perubahan tersebut memengaruhi fungsi organisme?*” Pendekatan ini menjadi dasar dalam penelitian penyakit degeneratif, kanker, regenerasi jaringan, biomaterial, serta pengembangan obat berbasis bahan alam.

Dalam berbagai penelitian yang kami lakukan, termasuk eksplorasi ***Ficus deltoidea***, ***Terminalia catappa***, ***Myrmecodia pendens***, ***Combretum indicum*** serta biomaterial berbasis **Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)**, evaluasi histologi menjadi tahapan penting untuk membuktikan bahwa perubahan fisiologis yang diamati benar-benar disertai dengan perbaikan struktur jaringan. Pendekatan ini memungkinkan interpretasi yang lebih mendalam mengenai mekanisme kerja bahan alam, sehingga hasil penelitian tidak berhenti pada identifikasi aktivitas biologis, tetapi juga menjelaskan dasar ilmiahnya.

Di era biologi modern ditandai oleh konvergensi berbagai disiplin ilmu. Anatomi dan histologi tidak lagi berdiri sendiri, tetapi menjadi bagian dari pendekatan multidisiplin yang mengintegrasikan fisiologi, imunologi, toksikologi, farmakologi, biologi molekuler, bioinformatika, serta ilmu *omics*.

Dalam fisiologi, perubahan histologis menjelaskan dasar struktural dari fungsi organ.

Dalam imunologi, distribusi dan aktivasi sel imun di dalam jaringan memberikan gambaran mengenai respons inflamasi maupun mekanisme pertahanan tubuh. Dalam toksikologi, histopatologi merupakan indikator utama untuk mengidentifikasi organ sasaran (*target organ toxicity*). Sementara itu, integrasi dengan biologi molekuler memungkinkan hubungan antara perubahan morfologi jaringan dengan ekspresi gen, protein, sitokin, maupun jalur pensinyalan seluler.

Perkembangan teknologi seperti ***digital pathology, whole-slide imaging, spatial transcriptomics, single-cell sequencing***, dan ***artificial intelligence*** semakin memperkuat peran anatomi dan histologi sebagai ilmu yang menjembatani data morfologi dengan informasi molekuler. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi biomarker baru, pemetaan respons jaringan secara presisi, serta pengembangan terapi yang lebih personal (*precision medicine*).

Bagi penelitian yang memanfaatkan keanekaragaman hayati hutan hujan tropis, integrasi tersebut membuka peluang untuk menjelaskan secara komprehensif bagaimana suatu senyawa bioaktif bekerja, mulai dari tingkat molekul hingga perubahan struktur organ. Dengan demikian, anatomi dan histologi menjadi jembatan yang menghubungkan eksplorasi keanekaragaman hayati dengan inovasi biomedis berbasis bukti (*evidence-based biodiscovery*).

C. Eksplorasi Keanekaragaman Hayati Hutan Hujan Tropis: Kontribusi Riset Anatomi dan Histologi Hewan

Selama perjalanan akademik saya, penelitian berfokus pada eksplorasi potensi keanekaragaman hayati Kalimantan dengan menggunakan pendekatan anatomi, histologi, histopatologi, fisiologi hewan, toksisitas bahan alam, biomaterial, dan pemanfaatan organisme tropis seperti *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*).

1. Eksplorasi Tumbuhan Obat Hutan Hujan Tropis

Salah satu fokus penelitian adalah pemanfaatan tumbuhan hutan tropis sebagai sumber senyawa bioaktif. Penelitian terhadap **Tabat Barito** (*Ficus deltoidea*) dengan diuji toksisitas akut dan subkronik yang menunjukkan Penelitian bahwa pemberian ekstrak etanol daun *F. deltoidea* secara oral akut dan subkronik pada tikus jantan tidak menimbulkan gejala klinis toksisitas atau kematian. LD50 ekstrak etanol daun *F. deltoidea* untuk tikus >2000 mg/kg dianggap praktis tidak beracun. Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan tidak menyebabkan efek toksik dan bahkan memiliki efek menguntungkan pada reproduksi tikus jantan dengan meningkatkan kesuburan, hormon reproduksi, dan aktivitas antioksidan, serta tidak mengubah struktur histologis testis; Toksisitas subkronik ekstrak etanol daun *F. deltoidea* terhadap histologi usus dan lambung; dan penelitian lain dapat sebagai antiangiogenik. Hal itu menunjukkan pentingnya evaluasi anatomi dan histologi organ sebagai dasar penilaian keamanan dan efektifitas bahan alam.

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa ekstraknya berpotensi sebagai agen penyembuhan luka. Riset tersebut kemudian berkembang

menjadi sintesis **nanopartikel perak (silver nanoparticles)** berbasis ekstrak *F. deltoidea* (*green synthesis*). Hasil uji *in vivo* memperlihatkan prospek nanopartikel tersebut dalam mempercepat penutupan luka (*wound closure*) dan mendukung regenerasi kulit, sehingga membuka peluang pengembangan biomaterial berbasis sumber daya alam lokal.

2. Histologi sebagai Bukti Keamanan Bahan Alam

Eksplorasi tanaman obat tidak cukup berhenti pada identifikasi kandungan fitokimia. Keamanan biologis harus dibuktikan melalui perubahan struktur jaringan. Penelitian mengenai ekstrak **Sarang Semut** (*Myrmecodia pendens*) pada ikan lele memperlihatkan bahwa pemberian ekstrak tidak hanya memengaruhi aktivitas enzim pencernaan, tetapi juga menghasilkan perubahan histologi usus dan hati. Dengan demikian, histologi berfungsi sebagai indikator utama untuk menilai respons biologis terhadap senyawa bioaktif.

Pendekatan serupa diterapkan pada penelitian toksisitas subkronik daun **Ketapang** (*Terminalia catappa*), yang mengevaluasi struktur histologis hati sebagai dasar ilmiah untuk menentukan tingkat keamanan pemanfaatan tanaman obat.

Riset lain menggunakan ekstrak bunga **Melati Belanda** (*Combretum indicum*) menunjukkan bahwa ekstrak bunga *Combretum indicum* berpengaruh signifikan terhadap penyembuhan luka sayat dan berpengaruh signifikan terhadap profil lipid dan hematologi

darah serta kadar glukosa darah dan struktur histologi pankreas mencit diabetes.

Dalam penelitian selanjutnya juga telah dilakukan inovasi yaitu menggunakan ekstrak Tabat Barito dan umbi Sarang Semut sebagai bahan membuat nanopartikel yaitu **silver nanoparticles berbasis green synthesis** yang mempertemukan bahan alam, nanoteknologi, dan evaluasi histologis.

3. *Black Soldier Fly: Model Integrasi Biologi, Anatomi, dan Biomaterial*

Dalam beberapa tahun terakhir, selain penelitian dengan pemanfaatan sumber daya hayati tanaman juga sumber daya hayati hewani yaitu *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*), yang memiliki nilai strategis dalam ekonomi sirkular dan bioteknologi.

Penelitian menunjukkan bahwa protein *defatted* larva BSF mampu memodulasi parameter biokimia dan sistem imun pada mencit, sehingga berpotensi sebagai bahan baku pakan fungsional. Selain itu, kitosan dan nano-kitosan yang berasal dari eksuvia pupa BSF dikembangkan sebagai biomaterial untuk penyembuhan luka dan rekayasa jaringan. Seluruh inovasi tersebut dievaluasi melalui pendekatan histologi untuk memastikan bahwa respons fisiologis benar-benar diikuti oleh regenerasi struktur jaringan.

D. Transformasi Anatomi dan Histologi Hewan di Era Biologi Modern: Menuju Inovasi Berbasis Keanekaragaman Hayati

Perkembangan ilmu pengetahuan dalam dua dekade terakhir telah membawa perubahan besar

terhadap paradigma penelitian biologi. Revolusi teknologi digital, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), biologi molekuler, ilmu *omics*, dan nanobioteknologi telah mengubah cara ilmuwan memahami sistem kehidupan. Jika pada masa lalu anatomi dan histologi lebih banyak berperan sebagai ilmu yang mendeskripsikan struktur tubuh, maka pada era biologi modern kedua disiplin ilmu tersebut berkembang menjadi ilmu integratif yang menghubungkan struktur, fungsi, mekanisme molekuler, dan aplikasi klinis.

Kemajuan teknologi pencitraan digital telah mengubah praktik anatomi dan histologi secara fundamental. Preparat histologi yang dahulu hanya dapat diamati secara langsung melalui mikroskop kini dapat dipindai menjadi **Whole Slide Images (WSI)** beresolusi tinggi sehingga memungkinkan analisis digital, penyimpanan data jangka panjang, kolaborasi lintas institusi, dan pembelajaran jarak jauh.

Perkembangan ini melahirkan bidang **Digital Pathology**, yaitu penggunaan citra digital untuk analisis jaringan secara kuantitatif dan otomatis. Dengan bantuan algoritma *machine learning* dan *deep learning*, kecerdasan buatan mampu mengenali pola morfologi jaringan, mengidentifikasi perubahan histopatologis, menghitung kepadatan sel, mendeteksi area nekrosis, mengukur deposisi kolagen, hingga memprediksi prognosis penyakit dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Dalam penelitian biodiversitas, integrasi kecerdasan buatan membuka peluang baru untuk: mempercepat analisis preparat histologi; mengurangi variasi subjektivitas antarpemakai; meningkatkan akurasi interpretasi jaringan;

membangun basis data histologi spesies tropis Indonesia; mengembangkan sistem identifikasi otomatis jaringan normal dan patologis.

Perkembangan anatomi dan histologi modern tidak lagi berhenti pada pengamatan kualitatif terhadap bentuk jaringan. Pendekatan **histomorfometri digital** memungkinkan pengukuran kuantitatif berbagai parameter mikroskopis, seperti ketebalan epitel, luas area fibrosis, jumlah sel inflamasi, diameter serabut otot, kepadatan osteosit, maupun indeks proliferasi sel. Analisis ini memberikan data yang objektif dan dapat dipadukan dengan pendekatan statistik maupun komputasional.

Pada saat yang sama, kemajuan **biologi molekuler** memungkinkan hubungan antara perubahan morfologi jaringan dengan ekspresi gen, protein, sitokin, dan jalur pensinyalan seluler. Integrasi tersebut semakin diperkuat oleh perkembangan ilmu *omics*, meliputi: **Genomics**, untuk memahami variasi genetik organisme tropis; **Transcriptomics**, untuk menganalisis ekspresi gen pada jaringan; **Proteomics**, untuk mengidentifikasi perubahan protein sebagai respons terhadap senyawa bioaktif; **Metabolomics**, untuk memetakan metabolit yang dihasilkan organisme maupun jaringan.

Dalam konteks eksplorasi keanekaragaman hayati, integrasi histologi dengan ilmu *omics* memungkinkan identifikasi biomarker baru, penemuan target terapi, dan penjelasan mekanisme kerja senyawa bioaktif secara lebih komprehensif.

Selain itu, perkembangan **nanobioteknologi** telah membuka peluang pemanfaatan biomaterial berbasis sumber daya hayati tropis. Sintesis

nanopartikel hijau (*green synthesis*), biofilm berbasis kitin dan kitosan, serta sistem penghantaran obat (*drug delivery system*) merupakan contoh inovasi yang menghubungkan kekayaan biodiversitas dengan teknologi kesehatan modern. Evaluasi terhadap efektivitas biomaterial tersebut tetap memerlukan analisis anatomi dan histologi sebagai dasar pembuktian keberhasilan regenerasi jaringan.

Tantangan kesehatan global saat ini tidak lagi dapat dipandang secara sektoral. Munculnya penyakit zoonosis, resistensi antimikroba, degradasi lingkungan, serta perubahan iklim menunjukkan bahwa kesehatan manusia, kesehatan hewan, dan kesehatan ekosistem saling berkaitan erat. Konsep **One Health** hadir sebagai paradigma yang mengintegrasikan ketiga komponen tersebut dalam satu kesatuan.

Dalam perspektif Anatomi dan Histologi Hewan, pendekatan *One Health* memiliki implikasi yang sangat luas. Studi terhadap struktur jaringan satwa liar, hewan domestik, maupun organisme model tidak hanya memberikan informasi mengenai kesehatan individu, tetapi juga mencerminkan kondisi lingkungan dan kualitas ekosistem tempat organisme tersebut hidup. Perubahan histopatologis pada organ tertentu dapat menjadi indikator paparan polutan, toksikan, patogen, maupun perubahan lingkungan.

Transformasi ini menjadi semakin penting bagi Indonesia sebagai negara megabiodiversitas. Kekayaan flora, fauna, dan mikroorganisme tropis hanya akan memberikan manfaat optimal apabila dipadukan dengan teknologi mutakhir yang mampu mengungkap mekanisme biologis secara

lebih presisi. Dengan demikian, masa depan Anatomi dan Histologi Hewan sangat bergantung pada kemampuannya mengintegrasikan ilmu dasar dengan teknologi modern untuk menghasilkan inovasi yang mendukung kesehatan, konservasi, dan pembangunan berkelanjutan.

E. Kesimpulan

Sebagai penutup, saya ingin menegaskan bahwa masa depan anatomi dan histologi hewan tidak hanya terletak pada kemampuan menggambarkan struktur jaringan, tetapi pada kemampuannya menjelaskan makna biologis yang tersembunyi di balik setiap perubahan sel dan organ terutama pada kemampuan mengintegrasikan informasi morfologi, molekuler, dan digital untuk menghasilkan inovasi berbasis keanekaragaman hayati.

Hutan hujan tropis Indonesia adalah perpustakaan kehidupan yang belum seluruhnya terbaca. Setiap tumbuhan, setiap serangga, setiap satwa liar menyimpan informasi biologis yang berpotensi menjadi solusi bagi tantangan kesehatan, ketahanan pangan, dan keberlanjutan lingkungan. Melalui anatomi dan histologi hewan, kita memiliki perangkat ilmiah untuk menerjemahkan informasi tersebut menjadi pengetahuan, inovasi, dan kemanfaatan bagi masyarakat.

Semoga ikhtiar akademik ini menjadi kontribusi nyata dalam memperkuat posisi Indonesia sebagai pusat pengembangan sains tropis berbasis biodiversitas.

DAFTAR PUSTAKA

- A Review of Forest Fragmentation in Indonesia under the DPSIR Framework for Biodiversity Conservation Strategies*. Global Ecology and Conservation (2024).
- Aryani, R., Maytari, E., Manurung, H., Nugroho, R.A., Rudianto, R. (2025). Characterization and In Vitro Evaluation of Silver Nanoparticles Synthesized from *Ficus deltoidea* for Wound Closure and Skin Regeneration. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 9(7).
- Aryani, R., Nugroho, R.A., Dewi, W.R., Sari, Y.P., Manurung, H., Rudianto, R. (2023). Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Ikan Patin (*Pangasius* Sp.) Setelah Pemberian Pakan Bersubstitusi Biji Ketapang (*Terminalia catappa* L.). *AL-KAUNIYAH:Jurnal Biologi*, 16(2).
- Aryani, R., Nugroho, R.A., Manurung, H., Mardayanti, R., Rudianto, R., Prahastika, W., Auliana, A., Karo, A.P.B. (2020). *Ficus deltoidea* leaves methanol extract promote wound healing activity in mice. *EurAsian Journal of BioSciences*. 14(1).
- Aryani, R., Nugroho, R.A., Manurung, H., Pusparini, N.A.O., Prahastika, W., Rudianto, R. (2022). Subchronic toxicity of *Ficus deltoidea* jack. leaves on the histology of ventriculus and intestinum tenue male mice. *AIP Conference Proceedings*. 2668, 020005.
- Aryani, R., Nugroho, R.A., Rulimada, M.H., Manurung, H., Maytari, E., Siahaan, A., Rudianto, R. Jati, W.N. (2023). Anti-angiogenic activity of *Ficus deltoidea* L. Jack silver nanoparticles using chorioallantoic membrane assay. *F1000research*. 12(544).
- Aryani, R., Rosnadia, R., Irma, I., Manurung, H., Rudianto, R. Nugroho, R.A. (2025). Biochemical and Immune Modulation in Mice Fed Defatted Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Larvae Meal. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 9(7).
- Aryani, R., Wati, M., Maytari, E., Nugroho, R.A., Manurung, H., Rudianto, R. (2026). Biosynthesis of Silver Nanoparticles using *Myrmecodia* sp. Bulb Extract: in

- vivo* Wound Healing Potency in *Mus musculus* L. *Applied Science and Engineering Progress*, 19(1).
- Borelli, T., et al. (2024). Invisible Treasures: Assessing Indonesia's Unique Agrobiodiversity for Food and Nutrition Security. *Sustainability*. 16, 9824.
- de Almada-Vilhena, A. O., et al. (2024). Prospecting Pharmacologically Active Biocompounds from the Amazon Rainforest. *Pharmaceuticals*. 17(11), 1449.
- Gartner, L. P. (2023). Textbook of Histology (5th ed.). Elsevier.
- Istik Haroh, I., Aryani, R., Rosadi, I., Nugroho, R.A. (2024). An In Vivo Evaluation of *Combretum indicum* Flower Methanolic Extract As Ointment for Burn Wound On Male Mice. *BioLink Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*. 11 (1).
- Kumar, V., Abbas, A. K., & Aster, J. C. (2025). Robbins & Cotran Pathologic Basis of Disease (11th ed.). Elsevier.
- Longo, D. L., et al. (2025). Harrison's Principles of Internal Medicine (22nd ed.) – bab mengenai translational medicine, pathology, dan biomarker jaringan.
- Mardianto, N., Aryani, R., Rudianto, R., Manurung, H. Nugroho, R.A., (2025). Dietary Chitosan and Nano-Chitosan of Black Soldier Fly Larvae for Improving Growth and Physiological Indices of *Clarias gariepinus*. *Jurnal Riset Akuakultur*, 20 (2).
- Marx, V. (2024). Perkembangan spatial biology, digital pathology, dan AI-assisted histopathology dalam berbagai artikel ulasan di *Nature Methods* dan *Nature Reviews*.
- Nugroho, R.A., Aryani, R., Hardi, E.H., Manurung, H., Rudianto, R., Wirawan, N.A., Syalsabillah, N., Jati, W.N. (2024). Nutritive value, material reduction, biomass conversion rate, and survival of black soldier fly larvae reared on palm kernel meal supplemented with fish pellets and fructose. *International Journal of Tropical Insect Science*. 3.
- Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Anindita, D.F., Hidayati, F.S.N., Prahastika, W., Rudianto, R. (2022). Effects of the Ethanol Extracts of *Ficus deltoidea* leaves on the Reproductive Parameters in Male Mice. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 10(A).

- Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Rudianto, R., Prahastika, W., Juwita, A., Alfarisi, A.K., Pusparini, N.A.O., Lalong, A. (2020). Acute and subchronic toxicity study of the ethanol extracts from *Ficus deltoidea* leaves in male mice. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 8(A).76-83.
- Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Sari, W.I.R., Sanjaya, A.S., Suprihanto, D., Rudianto, R., Prahastika, W. (2022). Proximate and Fatty Acid Profile Comparison of Black Soldier Fly Larvae Reared on Palm Kernel Meal and Cow Manure. *Ra Journal of Applied Research*. 08(11).
- Nugroho, R.A., Hindryawati, N., Aryani, R., Manurung, H., Sari, Y.P., Nurti, D.D., Rudianto, R., Prahastika, W., Zahida, F. (2021). Biosynthesis of silver nanoparticles from aqueous extract of *Myrmecodia pendans* bulb. *AIP Conference Proceeding Scopis*. 2331(1).
- Nugroho, R.A., Kusumawati, E., Aryani, R., Anggraini, W.D.C., Hardi, E.H., Rudianto, R., Sudrajat, S., Nur, F.M., Manurung, H. (2019). Dietary *Terminalia catappa* leaves reduced growth performance but increased hematological profiles and survival rate of *Pangasianodon hypophthalmus*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 348(1). IOP Publishing. Scopis.
- Nugroho, R.A., Puspa, N.C.S., Aryani, R., Prahastika, W., Rudianto, R., Manurung, H. (2020). Subchronic Toxicity Test of Indian Almond (*Terminalia catappa*) Leaves Water Extract on The Liver Histology of Mice (*Mus musculus*). *Bioeduscience*. 4(2).
- Nugroho, R.A., Utami, D., Aryani, R., Nur, F.M., Sari, Y. P., Manurung, H. (2019). In vivo wound healing activity of ethanolic extract of *Terminalia catappa* L. leaves in mice (*Mus musculus*). In *Journal of Physics: Conference Series*. 1277(1). IOP Publishing. Scopis.
- Nurfakhira, L., Nugroho, R.A., Aryani, R., Sari, Y.P., Manurung, H., Rudianto, R. (2022). Growth and Digestive Enzyme Activity of *Clarias gariepinus* Fed *Myrmecodia pendens* Merr. & Perry Bulb Extract. *AIP Conference Proceedings*. 2668, 020001.

- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2022–2025). OECD Guidelines for the Testing of Chemicals terutama Test Guideline 407 (Repeated Dose 28-Day Oral Toxicity Study) dan Test Guideline 408 (90-Day Oral Toxicity Study), yang menempatkan pemeriksaan histopatologi sebagai komponen utama evaluasi toksisitas.
- Penelitian kompetitif nasional Prof. Retno Aryani mengenai biofilm kitosan/nano-kitosan BSF, protein *defatted* maggot, dan antiangiogenik nanopartikel *Ficus deltoidea*.
- Pratiwi, A.E., Aryani, R., Rosadi, I., Nugroho, R.A. (2024). Effect Of *Combretum indicum* Leaf Extract on Blood Sugar Levels and Pancreas Histology of Alloxan Induced Mice. *BioLink Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*. 10 (2).
- Rahayu, S., Aryani, R., Rosadi, I., Nugroho, R.A. (2024). The Effect of *Combretum indicum* Leaves on Lipid Profile and Hematology of Mice Induced with Alloxan. *BioLink Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*. 11 (1).
- Ross, M. H., & Pawlina, W. (2024). Histology: A Text and Atlas (9th ed.). Wolters Kluwer.
- Rudianto, R., Nugroho, R.A., Mardianto, N., Pamela, Aryani, R., Manurung, H. (2025). Wound healing performance of nanochitosan-based ointment derived from black soldier fly larvae exuviae: in vivo assay on *Mus musculus* L. *Brazilian Journal of Biology*. 85(e292966).
- Sardi, N.I., Aryani, R., Nugroho, R.A., Sari, Y.P., Manurung, H., Rudianto, R. (2022). Effects of ant-nest plant (*Myrmecodia pendens*) bulb extract on histology of intestinal, liver and proximate fillet of Sangkuriang catfish (*Clarias gariepinus* Var). *AIP Conference Proceedings*. 2668, 020002.
- Sukmawaty, E., et al. (2024). Bioactivity and Metabolites Compounds of Medicinal Plants Endophytic Fungi in Indonesia. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*. 9(2).
- Wiraswati, H. L., et al. (2024). Biological Potential of Eight Medicinal Plants Collected in the Restored Landscape after Mining in South Kalimantan. *Discover Applied Sciences*.

World Health Organization. (2023–2025). Pedoman pengembangan obat herbal dan evaluasi keamanan praklinis yang menekankan integrasi analisis histopatologi dengan parameter biokimia dan toksikologi.



UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kehadiran Allah SWT dan junjungan kita Nabi Muhammad SAW atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, kita dapat hadir bersama dalam suasana yang sangat istimewa ini dan akhirnya kami bisa mencapai titik ini.

Pada kesempatan ini perkenankan saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Pemerintah Republik Indonesia, yaitu kepada Menteri Pendidikan Tinggi, Kebudayaan Riset, dan Teknologi Republik Indonesia beserta jajarannya, atas pemberian penghargaan tertinggi yang diberikan kepada saya, yaitu sebagai Guru Besar pada bidang ilmu Anatomi dan Histologi Hewan.

Ucapan terima kasih serta salam hormat, saya sampaikan kepada Rektor Universitas Mulawarman, Prof. Dr. Ir. H. Abdunnur, M.Si., IPU., ASEAN Eng, Prof. Dr. Lambang Subagiyo, M.Si. selaku Wakil Rektor Bidang Akademik, Prof. Ir. Sukartiningsih, M.Sc., Ph.D., IPU selaku Wakil Rektor Bidang Sumber Daya Manusia, Umum, dan Keuangan, Prof. Dr. H. Moh. Bahzar, M.Si. selaku Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan dan Alumni, dan Dr. Ir. Nataniel Dengen, S.Si., M.Si. selaku Wakil Rektor Bidang Perencanaan, Kerjasama, dan Informasi. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Ketua Senat Universitas Mulawarman, Prof. Ir. Haviluddin, S.Kom., M.Kom., Ph.D., IPM, beserta Bapak/Ibu anggota senat Universitas Mulawarman dan Ketua LP2M, Prof. Widi Sunaryo, S.P., M.Si., Ph.D., Tenaga Kependidikan dan seluruh civitas akademika Universitas Mulawarman yang telah memberikan dukungan, sehingga terlaksananya pengukuhan ini dengan baik, hikmat dan lancar.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada para pendiri FMIPA antara lain Dekan Pertama FMIPA Universitas Mulawarman Prof. Dr. Drs. Sudrajat SU, Dra. Sudiastuti SU, Dekan FMIPA Universitas Mulawarman, Prof. Dr. dra. Hj. Ratna Kusuma, M.Si (Dekan FMIPA periode 2022-sekarang), atas segala dukungan dan motivasi yang diberikan sehingga saya dapat mencapai gelar tertinggi di Perguruan Tinggi. Kepada Bapak/Ibu Wakil Dekan Dr. Dadan Hamdani, S.Si., M.Si. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik, Prof. Dr. Soerja Koesnarpadi, S.Si., M.Si. selaku Wakil Dekan Bidang Keuangan dan Umum dan Prof. Dr. Darnah, S.Si., M.Si. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan, Alumni dan Kerjasama. Ketua Senat Prof. Dr. Eva Marliana S.Si., M.Si. dan Bapak/Ibu seluruh anggota Senat FMIPA Universitas Mulawarman yang telah memberikan dukungan sehingga seluruh proses menuju pengangkatan saya sebagai Guru Besar dapat berlangsung dengan baik.

Terima kasih juga saya sampaikan kepada Ketua Jurusan Biologi Dr. Nova Hariani, M.Si., dan sekretaris jurusan Biologi Dr. Fatmawati Patang, M.Si., bapak ibu dosen di Jurusan Biologi dan terkhusus tim riset kami yang telah sangat membantu capaian ini yaitu Prof. Rudy Agung Nugroho, Ph.D. dan Prof. Dr. Hetty Manurung, S.Si., M.Si., serta tim riset dosen dan mahasiswa lain maupun alumni, serta rekan sejawat, Laboran, Tenaga Kependidikan, dan seluruh civitas akademika FMIPA Universitas Mulawarman atas dukungan dan doanya sehingga saya sampai pada capaian ini.

Dan yang paling utama, dengan penuh rasa bangga, cinta dan hormat, saya menyampaikan terima kasih sedalam-dalamnya kepada keluarga besar saya yang telah memberikan spirit kehidupan, semangat, motivasi, nasehat, doa serta bantuan untuk mencapai pendidikan tinggi dan berkiprah di dunia akademik, Ucapan hormat kepada kedua orang tua saya, ayahanda alm. H. Suhardjo dan ibunda Hj. Sri Nastuti.

Kepada adik-adik saya Agus Aryanto, Anton Besar Prananto dan Estriana Endah Susanti. Kepada ayah dan ibu mertua, Sipon Broto Supeno (Alm) dan Mardjinem (Almh) beserta keluarga besar kakak-kakak dan adik suami saya.

Jenjang karir tertinggi dan segala gelar yang saya peroleh ini adalah berkat doa, bantuan, dukungan, ketabahan dan kesabaran dari suami dan bapak dari anak-anak saya yang luar biasa, yang selalu menemani hidup kami dalam suka dan duka dan telah mengantarkan kami sampai meraih kesuksesan, Yang Tercinta Alm. Dr. Ir. Didit Suprihanto, S.T., M. Kom, Semoga Allah melipatgandakan pahalanya, dan Jadikanlah setiap cinta, perjuangan, dan pengorbanannya sebagai cahaya yang menerangi jalannya menuju surga-Mu serta kedua putra kami yang sangat kami banggakan: Radityan Aufaadaffa Andiraputra, S.Trp. dan Rizqidhiyaa Anggara Andiraputra, S.Pd terima kasih atas pengertian, dukungan, semangat, dan doa yang kalian berikan. Pesan dari kami untuk kalian Belajarlah setinggi mungkin, bermimpilah sebesar mungkin, tetapi tetaplah rendah hati sebab langit yang tinggi pun tetap memberi ruang bagi bumi, jadilah seperti pohon yang tinggi: akarnya kuat karena nilai-nilai kebaikan, batangnya kokoh karena ilmu dan usaha, serta buahnya bermanfaat bagi banyak orang. Semoga Allah selalu menjaga langkahmu, memberikan kesehatan, ilmu yang bermanfaat, hati yang kuat, dan jalan hidup yang penuh keberkahan. Jadilah anak yang membawa kebaikan bagi diri sendiri, keluarga, dan orang-orang di sekitarmu.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada para guru dan teman-teman di SD Pamardi Putri Surakarta, SMPN 6 Surakarta, dan SMAN 7 Surakarta. Kepada pembimbing S1 di Fakultas Biologi UGM, yaitu: almh Dra.Sri Juni Nastiti. Kepada pembimbing S2 di Fakultas Biologi UGM Drs. Suharno, S.U. (Alm) dan Prof. Rarastoeti Pratiwi M.Sc., Ph.D, saya

mengucapkan terima kasih. Berikutnya kepada promotor S3 di Fakultas Biologi UGM Prof. Dr. drh. Pudji Astuti, M.P., Prof. Dr. Laurentius Hartanto Nugroho, M.Agr., Prof. Dr. Sukarti Moeljopawiro, yang telah membimbing dan selalu memberikan memotivasi serta bantuan kepada saya, Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas segala jasa dan ketulusan para guru saya dengan pahala yang berlipat ganda dan menjadikan ilmu yang telah mereka ajarkan sebagai amal jariyah yang terus memberikan manfaat.

Saya sampaikan terima kasih juga kepada teman-teman seperjuangan S3 saya di Prodi Doktoral Fak Biologi UGM angkatan 2013 Prof. Dr. Noor Aini Habibah, M.Si., Dr. Meti Indrowati, M.Si., Steffani Nurliana, M.Si., Dr. Alin Liana, M.Si., Dr. Rr. Upiek Ngesti, M.Si., Dr. Ratna Stia Dewi, M.Si., Dr. Endang Setyowati Ariyani, M.Si. yang dari awal ketemu selalu kompak saling mensupport. Tidak lupa juga sahabat-sahabat lama yang selalu setia support dari jauh Wisning Kusdiani dan Retno Siti Rohayati, S.Psi.

Di penghujung orasi ilmiah ini, saya kembali mengucapkan puji syukur yang setinggi-tingginya pada Allah SWT, mudah-mudahan setitik ilmu pengetahuan yang diberikan kepada saya, anugerah guru besar yang saya terima dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya kepada saya dan masyarakat luas untuk mencapai kesejahteraan, kemuliaan hidup, berkat dan terang bagi sesama. Semoga amanah jabatan Guru Besar ini bukan untuk kesombongan pribadi, melainkan jalan untuk meningkatkan ketakwaan dan memperbesar kemanfaatan bagi sesama. Berikanlah saya kemampuan untuk menjalankan peran pendidik, peneliti, dan pengabdian masyarakat secara jujur, profesional, dan ikhlas. Semoga setiap ilmu, penelitian, proses membimbing, karya yang tercipta, serta pengabdian yang dijalani bernilai ibadah dan menjadi amal jariyah yang tak terputus. Limpahkanlah pula rahmat dan keberkahan-Mu kepada kedua orang tua,

Suami, anak-anak, keluarga, para guru, sahabat, kolega, mahasiswa, serta semua yang telah berjasa dalam perjalanan hidup saya. Semoga Allah SWT selalu melindungi dan mempermudah langkah kita semua. Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.



CURRICULUM VITAE

Nama : **Retno Aryani**
NIP : 1973022512000122001
NIDN : 0021027304
Tempat, Tanggal
Lahir : Wonogiri, 21 Februari 1973
Agama : Islam
Email : retnoaryani@fmipa.unmul.ac.id
No HP : +62 812-5393-7321
Program Studi : Magister Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)
Pangkat, Gol. : Pembina Utama Muda, IV/c
Jabfung, TMT : Guru Besar, 1 Januari 2025
ID SINTA : 6043148
ID SCOPUS : 57204438570

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sarjana (S1) Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (1991)
2. Magister (S2) Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (2002)
3. Doktor (S3) Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (2017)

PENGALAMAN MENGAJAR

Anatomi dan Histologi Hewan, Fisiologi Hewan;
Mikroteknik, Histopatologi

RIWAYAT PENELITIAN

1. (2026) Hidrolisat Protein Maggot (*Hermetia illucens*) Sebagai Stimulator Pertumbuhan, Enzim Antioksidan Dan Imunomodulator Mus musculus

- (Ketua Peneliti). Kemendiktisaintek. Rp. 119.710.000.
2. (2026) Biofilm Kitosan Dan Nanokitosan Dari Cangkang Pupa Bsf (*Hermetia illucens* L.) Sebagai Media Rekayasa Jaringan Dalam Penyembuhan Luka (Anggota Peneliti). Kemendiktisaintek. Rp. 128.100.000.
 3. (2025) Addressing Food Security Based on Local Genetic Resources and Local Wisdom (Anggota Peneliti). Kerjasama Luar Negeri INUCOST. Rp. 1.677.089.000.
 4. (2025) Biofilm Kitosan Dan Nanokitosan Dari Cangkang Pupa BSF (*Hermetia illucens* L.) Sebagai Media Rekayasa Jaringan Dalam Penyembuhan Luka (Anggota Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 148.100.000.
 5. (2024) Uji Efektifitas Sediaan Madu Lebah Kelulut (*Heterotrigona itama*) Dan Minyak Zaitun (*Olea europaea*) Terhadap Penyembuhan Luka Sayat Mencit (*Mus musculus*) (Anggota Peneliti). PNBPNP Rp. 12.000.000.
 6. (2024) Mikro/Nano Kitosan Cangkang Pupa Maggot sebagai Suplemen Pakan Ikan: Uji Aktivitas Antioksidan dan Profil Hematologi Ikan Lele Sangkuriang (Ketua Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 31.560.000.
 7. (2024) Protein defatted maggot sebagai bahan dasar pakan hewan: Uji aktivitas enzim antioksidan, profil darah dan histologi sistem pencernaan mencit (Ketua Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 108.070.000.
 8. (2023) Anti-Angiogenik Nanopartikel Daun Tabat Barito (*Ficus Deltoidea* Jack) Pada Membran Korio Alantois Embrio Ayam Diinduksi Basic Fibroblast Growth Factor (Bfgf). (Ketua Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 182.000.000.
 9. (2023) Sumber Minyak Alternatif Pengganti Minyak Ikan Dari Minyak Maggot Yang Ditumbuhkan Pada Media Limbah Kelapa Sawit Bersuplemen Fruktosa

- (Anggota Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 124.035.000.
- 10.(2023) Eksplorasi Metabolit Sekunder Buah Merkubung (*Macaranga Gigantea* (Rchb.F. & Zoll) Müll.Arg) Yang Berpotensi Sebagai Sumber Bahan Obat Alami (Anggota Peneliti). PNBPNP. Rp. 15.000.000.
 - 11.(2022) Anti-Angiogenik Nanopartikel Daun Tabat Barito (*Ficus Deltoidea* Jack) Pada Membran Korio Alantois Embrio Ayam Diinduksi Basic Fibroblast Growth Factor (Bfgf). (Ketua Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 173.500.000.
 - 12.(2022) Sumber Minyak Alternatif Pengganti Minyak Ikan Dari Minyak Maggot Yang Ditumbuhkan Pada Media Limbah Kelapa Sawit Bersuplemen Fruktosa (Anggota Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 96.600.000.
 - 13.(2022) Pilot Proyek Budidaya Maggot Di Pt. Berkah Salama Jaya, Sentra Penggemukan Sapi, Loa Janan, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur (Anggota Peneliti). Kedaireka Kemendikbudristek. Rp. 941.270.000.
 - 14.(2022) Uji Potensi Ekstrak Daun Tanikkara (*Dillenia Excelsa* (Jack) Martelli Ex Gilg) Sebagai Antibakteri Dan Antioksidan Alami (Anggota Peneliti). PNBPNP. Rp. 18.000.000.
 - 15.(2021) Toksisitas Akut Dan Subkronik Ekstrak Etanol Daun Tabat Barito (*Ficus deltoidea* Jack) Dan Efeknya Terhadap Sistem Reproduksi Mencit Jantan (*Mus musculus* L) (Anggota Peneliti). Kemendikbudristek. Rp. 193.900.000.
 - 16.(2021) Ekstrak Beberapa Tumbuhan Tropis Kalimantan Timur Sebagai Bahan Pembuatan Nanopartikel Perak dan Uji Kemampuan sebagai Antibakteri, Sitotoksik dan Penyembuh Luka (Anggota Peneliti). Kemendikbudristek. (Rp. 184.657.000).
 - 17.(2021) Pengaruh ekstrak air daun Mekka terhadap aktivitas antioksidan, kondisi biokimia dan

- hormone testosterone testis mencit (Ketua Peneliti). PNPB. (Rp. 29.000.000).
18. (2019) Toksisitas Akut Dan Subkronik Ekstrak Etanol Daun Tabat Barito (*Ficus deltoidea* Jack) Dan Efeknya Terhadap Sistem Reproduksi Mencit Jantan (*Mus musculus* L) (Anggota Peneliti). Kemenristek. Rp. 170.150.000.
 19. (2019) Ekstrak Metanol Daun Tabat Barito (*Ficus Deltoidea* Jack) Sebagai Bahan Dasar Salep Luka Sayat:Uji In Vivo Pada Hewan Mencit (*Mus Musculus*) (Ketua Peneliti). IsDB. Rp. 53.000.000.
 20. (2019) Analisis Potensi Tumbuhan Endemik Jahe Balikpapan (*Etlingera Balikpapanensis* A. D. Poulsen) Sebagai Antioksidan (Anggota Peneliti). IsDB. Rp. 40.000.000.

RIWAYAT PENGABDIAN MASYARAKAT

1. (2026) Optimalisasi Produktivitas Sapi Bali Melalui Inseminasi Buatan dan Kandang Jepit Bagi Peternak Sapi Tani Mandiri Kutai Barat (Ketua Program). Kemenristek/BRIN. Rp. 44.700.000.
2. (2023) Pembekalan Teknik Analisis Kromosom Dan Kariotipe Pada Tumbuhan (Anggota Program). PNPB. Rp. 9.250.000.
3. (2021) Pemberdayaan Masyarakat dalam Budidaya dan Pemanfaatan Maggot (Anggota Program). PNPB. Rp. 15.000.000.
4. (2019) Pembekalan teknik ekstraksi, skrining dan uji antimikrobia bahan alam guru SMA di Samarinda dan Tenggarong Jurusan Biologi. (Ketua Program). BOPTN. Rp.12.000.000.

RIWAYAT PUBLIKASI INTERNASIONAL

1. Nugroho, R.A., Kurniati, R., Sari, W.PA., Sompotan, R.I., Aryani, R., Manurung, H., and Rudianto, R. 2026. Dietary Oil from *Hermetia illucens* L. Larvae Promotes Weight Gain and Alters Leukocyte Profiles

- in *Mus musculus* L. *Makara Journal of Science*, 30(1).
2. Aryani, R., Wati, M., Maytari, E., Nugroho, R.A., Manurung, H., Rudianto, R. 2026. Biosynthesis of Silver Nanoparticles using *Myrmecodia* sp. Bulb Extract: in vivo Wound Healing Potency in *Mus musculus* L. *Applied Science and Engineering Progress*, 19(1).
 3. Rudianto, R., Nugroho, R.A., Mardianto, N., Pamela, Aryani, R., Manurung, H. 2025. Wound healing performance of nanochitosan-based ointment derived from black soldier fly larvae exuviae: in vivo assay on *Mus musculus* L. *Brazilian Journal of Biology*. 85(e292966).
 4. Aryani, R., Maytari, E., Manurung, H., Nugroho, R.A., Rudianto, R. 2025. Characterization and In Vitro Evaluation of Silver Nanoparticles Synthesized from *Ficus deltoidea* for Wound Closure and Skin Regeneration. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 9(7).
 5. Aryani, R., Rosnadia, R., Irma, I., Manurung, H., Rudianto, R. Nugroho, R.A. 2025. Biochemical and Immune Modulation in Mice Fed Defatted Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Larvae Meal. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 9(7).
 6. Kusuma, R., Wulandari, T.M., Lariman, L., Samsurianto, S., Nugroho, R.A., Manurung, H., Aryani, R., Rudianto, R. 2025. Evaluating constraints and prospects of black soldier fly frass for sustainable *Coelogyne pandurata* acclimatization. *Asian Journal of Agriculture*. 9(1).
 7. Riok, P.A.H., Hariani, N., Nugroho, R.A., Arif, M.F., Syafrizal, S., Aryani, R., Manurung, R., Rudianto, R. 2025. Fermented black soldier fly (*Hermetia illucens*) carcass meal as a substrate for its larva. *Nusantara Bioscience*. 17(1).
 8. Manurung, H., Susanto, D., Kusuma, R., Nugroho, R.A., Aryani, R., Setiawan, A. 2024. Allelopathic effects of *lai* (*Durio kutejensis* Hassk. Becc) leaf

- extract, on germination and early growth of weeds and crops. *Allelopathy Journal*. 63 (1).
9. Nugroho, R.A., Aryani, R., Hardi, E.H., Manurung, H., Rudianto, R., Jati, W.N. 2024. Fermented palm kernel waste with different sugars as substrate for black soldier fly larvae. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 10(2).
 10. Manurung, H., Rosadi, I., Susanto, D., Arif, M.F., Aryani, R., Nugroho, R.A. 2023. Antibacterial Activity of Leaves Methanolic Extract of Tanikkara (*Dillenia exelsa* Jack) Martelli ex Gilg) Againsts *Salmonella typhy*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Bacillus cereus*. *International Journal of Biosciences (IJB)*. 23(3).
 11. Nugroho, R.A., Aryani, R., Hardi, E.H., Manurung, H., Rudianto, R., Wirawan, N.A., Syalsabillah, N., Jati, W.N. 2024. Nutritive value, material reduction, biomass conversion rate, and survival of black soldier fly larvae reared on palm kernel meal supplemented with fish pellets and fructose. *International Journal of Tropical Insect Science*. 3.
 12. Aryani, R., Nugroho, R.A., Rulimada, M.H., Manurung, H., Maytari, E., Siahaan, A., Rudianto, R. Jati, W.N. 2023. Anti-angiogenic activity of *Ficus deltoidea* L. Jack silver nanoparticles using chorioallantoic membrane assay. *F1000research*. 12(544).
 13. Nurfakhira, L., Nugroho, R.A., Aryani, R., Sari, Y.P., Manurung, H., Rudianto, R. 2022. Growth and Digestive Enzyme Activity of *Clarias gariepinus* Fed *Myrmecodia pendens* Merr. & Perry Bulb Extract. *AIP Conference Proceedings*. 2668, 020001.
 14. Sardi, N.I., Aryani, R., Nugroho, R.A., Sari, Y.P., Manurung, H., Rudianto, R. 2022. Effects of ant-nest plant (*Myrmecodia pendens*) bulb extract on histology of intestinal, liver and proximate fillet of Sangkuriang catfish (*Clarias gariepinus* Var). *AIP Conference Proceedings*. 2668, 020002.

15. Aryani, R., Nugroho, R.A., Manurung, H., Pusparini, N.A.O., Prahastika, W., Rudianto, R. 2022. Subchronic toxicity of *Ficus deltoidea* jack. leaves on the histology of ventriculus and intestinum tenue male mice. AIP Conference Proceedings. 2668, 020005.
16. Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Sari, W.I.R., Sanjaya, A.S., Suprihanto, D., Rudianto, R., Prahastika, W. 2022. Proximate and Fatty Acid Profile Comparison of Black Soldier Fly Larvae Reared on Palm Kernel Meal and Cow Manure. Ra Journal Of Applied Research. 08(11).
17. Manurung, H., Susanto, D., Kusumawati, E., Aryani, R., Nugroho, R.A., Kusuma, R., Rahmawati, Z., Sari, R.D. 2022. Phytochemical, GC-MS analysis and antioxidant activities of leaf methanolic extract of *Lai* (*Durio kutejensis*), the endemic plant of Kalimantan, Indonesia. Biodiversitas Journal of Biological Diversity. 23(11).
18. Nugroho, R.A., Hindryawati, N., Aryani, R., Manurung, H., Sari, Y.P., Nurhadi, M., Nurti, D.D., Vieraldi, M., Rudianto, R., Prahastika, W. 2022. In vivo and in vitro assays using biosynthesized silver nanoparticles on *Aeromonas hydrophila*-infected *Clarias gariepinus*. Journal of Applied Aquaculture.
19. Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Sari, Y.P., Rudianto, R. 2022. *Myrmecodia pendens* Bulb Extract in The Lele Dumbo (*Clarias Gariepinus*) Feed: Effects on The Growth Performance, Survival, And Blood Indices. Journal Of Aquaculture And Fish Health. 11(1).
20. Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Anindita, D.F., Hidayati, F.S.N., Prahastika, W., Rudianto, R. 2022. Effects of the Ethanol Extracts of *Ficus deltoidea* leaves on the Reproductive Parameters in Male Mice. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. 10(A).
21. Nugroho, R.A., Nainggolan, A.S., Lariman, L., Suimah, S., R Rudianto, R. Prahastika, W., Aryani,

- R., Manurung, H., Djati, W.N. Morphometric Analysis and Proximate Nutrition several Commercial Fish Species from Mesangat wetland, Muara Ancalong, Kutai Timur, East Kalimantan, Indonesia. J. Phys.: Conf. Ser. Institute of Physics Publishing. 1899(012004).
22. Nugroho, R.A., Hindryawati, N., Aryani, R., Manurung, H., Sari, Y.P., Nurti, D.D., Rudianto, R., Prahastika, W., Zahida, F. 2021. Biosynthesis of silver nanoparticles from aqueous extract of *Myrmecodia pendans* bulb. AIP Conference Proceeding Scopus. 2331(1).
 23. Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Rudianto, R. Prahastika, W., Juwita, A., Alfarisi, A.K., Pusparini, N.A.O., Lalong, A. 2020. Acute and subchronic toxicity study of the ethanol extracts from *Ficus deltoidea* leaves in male mice. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. 8(A).
 24. Aryani, R., Nugroho, R.A., Manurung, H., Mardayanti, R., Rudianto, R., Prahastika, W., Auliana, A., Karo, A.P.B. 2020. *Ficus deltoidea* leaves methanol extract promote wound healing activity in mice. EurAsian Journal of BioSciences. 14(1).
 25. Nugroho, R.A., Utami, D., Aryani, R., Nur, F.M., Sari, Y. P., Manurung, H. 2019. In vivo wound healing activity of ethanolic extract of *Terminalia catappa* L. leaves in mice (*Mus musculus*). In Journal of Physics: Conference Series. 1277(1). IOP Publishing. Scopus.
 26. Nugroho, R.A., Kusumawati, E., Aryani, R., Anggraini, W.D.C., Hardi, E.H., Rudianto, R., Sudrajat, S., Nur, F.M., Manurung, H. 2019. Dietary *Terminalia catappa* leaves reduced growth performance but increased hematological profiles and survival rate of *Pangasianodon hypophthalmus*. IOP Conference Series: Earth and

- Environmental Science. 348(1). IOP Publishing. Scopus.
27. Asriqah, L., Nugroho, R.A., Aryani, R. 2019. Application of organic acids in *Clarias gariepinus* Burchell, 1822 aquafeed: impacts on fish relative growth rate, condition factor and cannibalism ratio. In Journal of Physics: Conference Series. 1277(1). IOP Publishing. Scopus. 1277(012032).
 28. Manurung, H., Aryani, R., Nugroho, R.A., Sari, Y.P., Chernovita, R., Auliana, A. 2019. Phytochemical Analysis and Antioxidant Activity of Leaves Extracts of Endemic Plant Jahe Balikpapan (*Etlingera balikpapanensis* A.D. Poulsen). International Journal of Scientific & Technology Research. 8(9).
 29. Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Rudianto, R., Prameswari, D. 2019. Wound healing potency of *Terminalia catappa* in mice (*Mus musculus*). EurAsian Journal of BioSciences. 13(2).
 30. Aryani, R., Moeljopawiro, S., Nugroho, L.H., Astuti, P. 2017. The Effect of Methanol Extract of Soybean *Glycine max* L. Merr. on Serum Steroid Hormone in Rat (*Rattus norvegicus* L.). *International Journal of ChemTech Research*. 10(3).
 31. Aryani, R., Moeljopawiro, S., Nugroho, L.H., Astuti, P. 2015. The effect of methanol extract of soybean seeds (*Glycine max* L.Merr.) on the histology and immunohistochemical distribution of *Cyp19* aromatase in rat testis (*Rattus norvegicus* L.). *Indonesian Journal of Biotechnology*. 20(2).

RIWAYAT PUBLIKASI NASIONAL

1. Kurniati, R., Muhti'ah, N.A., Aryani, R., Nugroho, R.A., Kusuma, R., Lariman, L., Ilmi, A.N. 2026. Phytochemical characterization and antihyperglycemic activity of kemumu (*Colocasia gigantea* Hook. f.) leaf stalk juice in glucose-loaded

- mice (*Mus musculus* L.). *Jurnal Biolokus: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi dan Biologi* . 9(1).
2. Nugroho, R.A., Aryani, R., Manulang, J.R., Arif, M.F., Rudianto, R., Suhardi, S. 2026. Ketahanan Pangan Berbasis Peternakan Dengan Pakan Lokal Di Babulu Kalimantan Timur. *Communnity Development Journal*. 7(3).
 3. Mardianto, N., Aryani, R., Rudianto, R., Manurung, H. Nugroho, RA., 2025. Dietary Chitosan And Nano-Chitosan Of Black Soldier Fly Larvae For Improving Growth And Physiological Indices of *Clarias gariepinus*. *Jurnal Riset Akuakultur*, 20 (2).
 4. Rahayu, S., Aryani, R., Rosadi, I., Nugroho, R.A. 2024. The Effect of *Combretum indicum* Leaves on Lipid Profile and Hematology of Mice Induced With Alloxan. *BioLink Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*. 11 (1).
 5. Istik Haroh, I., Aryani, R., Rosadi, I., Nugroho, R.A. 2024. An In Vivo Evaluation of *Combretum indicum* Flower Methanolic Extract as Ointment For Burn Wound on Male Mice. *BioLink Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*. 11 (1).
 6. Kurniati, R., Simanungkalit, R.Y., Aryani, R. 2024. Pengaruh Ekstrak Etanol Buah Takokak (*Solanum torvum* S.) terhadap Jumlah Folikel Ovarium dan Bobot Uterus pada Mencit Betina (*Mus musculus* L.). *Biosfer : Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*. 9(2).
 7. Oktavianingsih, L., Aryani, R., Hariani, N., Rosadi, I., Pratiwi, A.E., Arif, M.F. 2024. Antibacterial Activity of Stingless Bee Propolis (*Heterotrigona itama*) Ethanol Extract on Dental Root Canal Bacteria Growth in Vitro. *Indonesian Journal of Community Engagement*. 10(3).
 8. Nugroho, R.A., Aryani, R., Hardi, E.H., Manurung, H., Rudianto, R. 2024. Nutritional Benefits of Black Soldier Fly Larvae Oil in Animal Feed. *Jurnal Bioeksperimen*. 10(1).

9. Sanjaya, A.S., Suprihanto, D., Sari, W.I.R., Rudianto, R., Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Arif, M.F., Toimsar, I.J. 2024. Pendampingan Budidaya Larva Tentara Lalat Hitam (*Hermetia illucens*) Komunitas Peternak Sapi di Sangatta, Kalimantan Timur. *Jurnal Panrita Abdi*. 8(1).
10. Pratiwi, A.E., Aryani, R., Rosadi, I., Nugroho, R.A. 2024. Effect of *Combretum indicum* Leaf Extract on Blood Sugar Levels and Pancreas Histology of Alloxan Induced Mice. *BioLink Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*. 10 (2).
11. Aryani, R., Nugroho, R.A., Manurung, H., Sanjaya, A.S., Suprihanto, D., Sari, W.I.R., Sari, Y.P., Rudianto, R., Prahastika, W., Fadila, N., Toimsar, I.J., Jhonson, C. 2023. Pengenalan Budidaya Maggot Pada Peternak Sapi Di Desa Sumpersari, Loa Kulu Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Abditani: Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 6(2).
12. Aryani, R., Nugroho, R.A., Dewi, W.R., Sari, Y.P., Manurung, H., Rudianto, R. 2023. Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Ikan Patin (*Pangasius Sp.*) Setelah Pemberian Pakan Bersubstitusi Biji Ketapang (*Terminalia catappa* L.). *AL-KAUNIYAH: Jurnal Biologi*, 16(2).
13. Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Sanjaya, A.S., Suprihanto, D., Sari, W.I.R., Patang, F., Rudianto, R., Prahastika, W., Purnama, B. 2023. Budidaya Maggot Di PT Berkah Salama Jaya, Sentral Penggemukan Sapi, Loa Janan Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Reswara: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 4(1).
14. Ariyanto, F., Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Rudianto, R. 2023. Effect of water hyacinth leaf flour (*Eichhornia crassipes*) fermented by *Aspergillus niger* in the commercial pellet on the growth, survival rate and blood profile of sangkuriang catfish (*Clarias gariepinus*) *Aceh Journal of Animal Science*. 8(2).

15. Manurung, H., Rosadi, I., Sanjaya, A.S., Sari, W.I.R., Rudianto, R., Nugroho, R.A., Aryani, R., Nurcahyo, A. 2022. Pelatihan Budidaya Maggot Bagi Klaster Sapi Berkah Usaha Bersama, Desa Teluk Pandan Bontang, Kalimantan Timur. LOGISTA Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat. 6(2).
16. Hariani, N., Kusumawati, E., Aryani, R., Trimurti, T., Lariman, L. 2022. Pemberdayaan Masyarakat dalam Budidaya dan Pemanfaatan Maggot Lalat Tentara Hitam (BSF). JPM Jurnal Pemberdayaan Masyarakat. 7(1).
17. Nugroho, R.A., Kusneti, M., Florentino, A.P., Lariman, L., Aryani, R., Rudianto, R. 2021. Hubungan Panjang Berat dan Faktor Kondisi Relatif Lima Spesies Ikan di Sungai Suwi Muara Ancalong, Kutai Timur. Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati. 6(2).
18. Dastin, I.L., Nugroho, R.A., Hariani, N., Aryani, R., Manurung, H., Rudianto, R. 2021. Prevalence, intensity, and dominance of ectoparasites in gourami (*Osphronemus goramy*) reared in floating net cage in Cirata Reservoir, West Java, Indonesia. Aceh Journal of Animal Science. 6(1).
19. Kusumawati, E., Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Sari, Y.P. 2021. Pembekalan Teknik Ekstraksi, Skrining, dan Uji Antimikrobia Bahan Alam bagi Guru-Guru SMA Di Kota Samarinda. Jurnal Pemberdayaan Masyarakat. 6(1).
20. Nugroho, R.A., Sari, N., Aryani, R., Manurung, H., Rudianto, R., 2020. Growth evaluation of *Oreochromis niloticus* fed different concentrations of choline and methionine. Aceh Journal of Animal Science. 5(2).
21. Nugroho, R.A., Puspa, N.C.S., Aryani, R., Prahastika, W., Rudianto, R., Manurung, H. 2020. Subchronic Toxicity Test of Indian Almond (*Terminalia catappa*) Leaves Water Extract on The

- Liver Histology of Mice (*Mus musculus*). Bioeduscience. 4(2).
22. Suci, R., Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Rudianto, R., 2020. Evaluasi Diet Kolin Dan Metionin Terhadap Pertumbuhan Dan Efisiensi Pakan Ikan Mas (*cyprinus carpio*). Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology. 16(2).
 23. Nugroho, R.A., Hardi, E.H., Sari, Y.P., Aryani, R., Rudianto, R. 2019. Growth performance and blood profiles of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fed leaves extract of *Myrmecodia tuberosa*. Nusantara Bioscience. 11(1).

KARYA BUKU

1. Nugroho, RA., Manurung, H., Aryani, R., Rudianto, R., Iresha, F.M. 2026. Manfaat Maggot: Inovasi Berkelanjutan Dalam Pertanian, Farmasi, Lingkungan, Dan Energi Terbarukan. Penerbit Deepublish ISBN: 978-634-01-2721-8.
2. Nugroho, RA., Kusuma, R., Aryani, R., Manurung, H., Rudianto, R., Mardianto, N., Kholifah, A.N., Jannah, R. 2025. Book Chapter Sustainable Biorefinery Biomass Solutions for Energy, Environment and Food. Black Soldier Fly Larvae: A Potential Biomass for Sustainable Biofuel, Feed, and Medicine. ISBN 978-981-95-8180-1.
3. Nugroho, R.A., Kusuma, R., Aryani, R., Manurung, H., Susilowati, I.T., Papriani, N.P., Chalisty, V.D., Arif, M.F., Samsurianto, S. 2025. Biokimia Dasar 2. PT. Penerbit Qriset Indonesia. ISBN: 978-634-7048-68-4.
4. Wael, S., Jagad, N.J., Dunggio, Y., Alang, H., Wahyudin, W., Syahrul, M., Aryani, R., Baharuddin, A.A., Lesbatta, K., Adriani, A., Nugroho, R.A., Mose, W., Wahyu, S. 2025. Biomedik Dasar. Mega Press watermark ISBN: 978-623-508-503-6.

5. Saputra, S., Inawati, I., Aryani, R., Dewi, N.P.Y.A., Manurung, H., Nugroho, R.A., Setiawan, D., Amrulloh, N.H., Tsuraya, F., Lestari, H. 2024. Biologi Dasar. PT Penamuda Media ISBN: 978-623-88884-9-8.
6. Nugroho, R.A., Aryani, R., Manurung, H., Sanjaya, A.S., Suprihanto, D., Sari, W.I.R., 2022. Maggot dan Lalat Tentara Hitam. PT Insan Cendekia Mandiri Grup ISBN: 978-623-348-990-4.
7. Aryani, R., Nugroho, R.A. 2020. Prinsip Dasar Fisiologi Hewan. Mulawarman Press ISBN: 978-623-7480-XX-X.
8. Nugroho, R.A., Sari, Y.P., Hardi, E.H., Aryani, R., 2019. Myrmecodia: Efek Fisiologi Dan Potensi Manfaat. Deepublish ISBN: 978-623-02-0431-9.

RIWAYAT HKI (HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL)

1. (2022) PATEN SEDERHANA: Metode Pembuatan Salep Berbahan Dasar Ekstrak etanol daun Tabat Barito Dan Penggunaannya sebagai penyembuhan luka sayat pada kulit, IDS000005276.
2. (2022) PATEN SEDERHANA: Sediaan Salep Berbahan Ekstrak etanol 96% daun Ketapang warna hijau untuk penyembuhan luka sayat pada kulit, IDS000004969.

RIWAYAT JABATAN

1. Koordinator Program Studi Magister Biologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Mulawarman (2022-2026).
2. Sekretaris Jurusan Biologi FMIPA Universitas Mulawarman (2019-2022).
3. Sekretaris Jurusan Biologi FMIPA Universitas Mulawarman (2008-2012).